

DIN EN 14363

ICS 45.060.01

Ersatz für
DIN EN 14363:2019-11

**Bahnanwendungen –
Versuche und Simulationen für die Zulassung der fahrtechnischen
Eigenschaften von Eisenbahnfahrzeugen –
Fahrverhalten und stationäre Versuche;
Deutsche Fassung EN 14363:2016+A1:2018+A2:2022**

Railway applications –
Testing and Simulation for the acceptance of running characteristics of railway vehicles –
Running Behaviour and stationary tests;
German version EN 14363:2016+A1:2018+A2:2022

Applications ferroviaires –
Essais et simulations en vue de l'homologation des caractéristiques dynamiques des véhicules
ferroviaires –
Comportement dynamique et essais stationnaires;
Version allemande EN 14363:2016+A1:2018+A2:2022

Gesamtumfang 224 Seiten

DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN 14363:2016+A1:2018+A:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Gremium ist der Unterausschuss NA 087-00-02-02 UA „Fahrtechnik“ im DIN-Normenausschuss Fahrweg und Schienenfahrzeuge (FSF).

Dieses Dokument enthält die Änderung 1, angenommen von CEN am 2018-07-15, und die Änderung 2, angenommen von CEN am 2022-07-18.

Anfang und Ende der durch die Änderung eingefügten oder geänderten Texte sind jeweils durch Änderungsmarken **A1** **A1** und **A2** **A2** angegeben.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 14363:2019-11 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Einführung der ERA OPI/2018-03, Abschnitte 4.1.5, 4.1.6 und 4.1.7 in 7.3.1, Tabelle 2;
- b) Löschung des informativen Anhangs X;
- c) Aktualisierung des informativen Anhangs ZA.

Frühere Ausgaben

DIN EN 14363: 2005-10, 2016-10, 2019-11
DIN EN 15686: 2010-11
DIN EN 15687: 2010-11

Deutsche Fassung

**Bahnanwendungen —
Versuche und Simulationen für die Zulassung der
fahrtechnischen Eigenschaften von Eisenbahnfahrzeugen —
Fahrverhalten und stationäre Versuche**

Railway applications —
Testing and Simulation for the acceptance of running
characteristics of railway vehicles —
Running Behaviour and stationary tests

Applications ferroviaires —
Essais et simulations en vue de l'homologation des
caractéristiques dynamiques des
véhicules ferroviaires —
Comportement dynamique et essais stationnaires

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 15. Juli 2018 angenommen und schließt Änderung 2 ein, die am 18. Juli 2022 vom CEN angenommen wurde.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	7
Einleitung	9
1 Anwendungsbereich	11
2 Normative Verweisungen	13
3 Begriffe	14
4 Abweichungen von Anforderungen	16
5 Prüfanforderungen	17
5.1 Messunsicherheiten	17
5.2 Prüfumfang	17
5.2.1 Allgemeines	17
5.2.2 Ausfallzustände	17
5.3 Versuchsfahrzeug	18
5.3.1 Auswahl und Zustand des Fahrzeugs	18
5.3.2 Beladezustände	18
5.3.3 Verteilung der Radaufstandskräfte	19
5.4 Beurteilung der Prüfergebnisse	20
5.5 Versuchsdokumentation	20
6 Erste Schritte – Beurteilung	21
6.1 Sicherheit gegen Entgleisen auf Gleisverwindungen	21
6.1.1 Allgemeines	21
6.1.2 Messwerterfassung	22
6.1.3 Schienenzustand bei der Prüfung	22
6.1.4 Fahrzeugzustand bei der Prüfung	24
6.1.5 Prüfverfahren	25
6.2 Sicherheit gegen Entgleisen unter Längsdruckkräften in S-Bögen	42
6.3 Ermittlung des Verwindekoeffizienten eines Fahrzeugkastens	42
6.4 Bestimmung der Verlagerungseigenschaften	42
6.5 Beanspruchung der abzweigenden Weichenzunge	42
6.6 Fahrsicherheit in Bogenkreuzungen für Fahrzeuge mit kleinen Rädern	42
7 Zweiter Schritt – Beurteilung des dynamischen Fahrverhaltens	43
7.1 Allgemeines	43
7.2 Auswahl des Messverfahrens	44
7.2.1 Allgemeines	44
7.2.2 Grundlegende Bedingungen für die Verwendung des vereinfachten Messverfahrens und Messung der Radsatzlagerquerkräfte	46
7.2.3 Vereinfachungen für separate Stabilitätsprüfungen	47
7.3 Durchführung von Streckenfahrversuchen	47
7.3.1 Allgemeines	47
7.3.2 Prüfbereiche und Auswerteabschnitte	55
7.3.3 Versuchsumfang	56
7.3.4 Versuchsbetrieb	57
7.4 Messgrößen und Messpunkte	58
7.5 Beurteilungsgrößen und Grenzwerte	60
7.5.1 Allgemeines	60

7.5.2	Fahrsicherheit	65
7.5.3	Fahrwegbeanspruchung	66
7.5.4	Schwingungsverhalten	66
7.6	Versuchsauswertung.....	66
7.6.1	Übersicht	66
7.6.2	Aufzeichnung der Messsignale	68
7.6.3	Statistische Auswertung in Prüfbereichen.....	68
7.6.4	Auswertung der Prüfergebnisse in Übergangsbögen	80
7.6.5	Überprüfung der Stabilität.....	80
7.7	Dokumentation	80
7.7.1	Allgemeines	80
7.7.2	Beschreibung der Fahrzeugkonstruktion und des Zustandes des geprüften Fahrzeugs	80
7.7.3	Zusätzliche Informationen für eine zukünftige Erweiterung der Zulassung	81
7.7.4	Beschreibung der Versuchsstrecken.....	81
7.7.5	Beschreibung der Datenerfassung.....	81
7.7.6	Beschreibung der Auswertung.....	82
7.7.7	Prüfergebnisse (einschließlich zusätzlicher Informationen für die Modellvalidierung)	82
7.7.8	Abweichungen von den angestrebten Prüfbedingungen.....	83
7.7.9	Infrastrukturbedingungen, die anspruchsvoller als die angestrebten Prüfbedingungen sind	83
Anhang A (informativ) Informationen zur Sicherheit gegen Entgleisen		84
A.1	Faktoren, die die Sicherheit gegen Entgleisen von Fahrzeugen in Gleisverwindungen beeinflussen	84
A.1.1	Allgemeines	84
A.1.2	Einflüsse auf die Radentlastung.....	84
A.1.3	Einflüsse auf die Führungskraft.....	84
A.2	Beurteilung und Grenzwert für die Sicherheit gegen Entgleisen	85
A.3	Reibungsverhältnisse beim Versuch auf einem Messgleis.....	87
A.4	Besondere Bedingungen für Fahrzeuge mit Luftfedern.....	89
A.4.1	Allgemeines	89
A.4.2	4-Punkt-Steuerung der Luftfedern	90
A.4.3	3-Punkt-Regelung der Luftfedern mit Längsausgleich	90
A.4.4	2-Punkt-Regelung der Luftfedern	91
A.5	Bedingungen für Prüfverwindungen bei Gelenkfahrzeugen.....	91
A.6	Bedingungen für Prüfverwindungen bei Fahrzeugen mit mehr als zwei Federstufen.....	97
A.7	Berechnung der Beilagenstärken (Prüfverfahren 1).....	99
A.8	Durchführung und Auswertung eines Verwindeversuchs für ein Fahrzeug mit zwei Radsätzen (Verfahren 2).....	100
A.8.1	Allgemeines	100
A.8.2	Anforderung an den Prüfstand.....	100
A.8.3	Durchführung des Verwindeversuchs	101
A.8.4	Auswertung von Verwindediagrammen	101
A.9	Durchführung und Auswertung eines Verwindeversuchs für ein Fahrzeug mit zwei Drehgestellen mit zwei Radsätzen (Verfahren 2)	104
A.9.1	Allgemeines	104
A.9.2	Anforderungen an den Prüfstand.....	104
A.9.3	Durchführung und Auswertung eines kombinierten Fahrzeugkasten- und Drehgestellverwindeversuchs (Prüfverfahren 2.1)	105
A.9.4	Durchführung getrennter Verwindeversuche auf Basis des Drehgestellmittenabstandes und des Radsatzabstandes im Drehgestell (Prüfverfahren 2.2)	108
Anhang B (informativ) Simulationsrechnungen zur Untersuchung, ob das Fahrzeug eine ausreichende Sicherheit gegen das Aufklettern eines Rades bei niedrigen Geschwindigkeiten aufweist		114
B.1	Allgemeine Anforderung	114

B.2	Berechnungsergebnisse	114
B.3	Eingabegrößen zum Fahrweg	114
B.4	Ausdrehmoment zwischen Fahrzeugkasten und Fahrwerk	116
B.5	Beurteilungskriterium	116
Anhang C (informativ) Versuche zur Bestimmung des Verwindekoeffizienten eines Fahrzeugkastens		
		117
C.1	Kraft-Verformungsmessung direkt am Fahrzeugkasten	117
C.2	Kraft-Verformungsmessung an den Aufstandspunkten von Rad und Schiene nach Blockieren der Federung(en) zwischen Radsatz (Drehgestellrahmen) und Fahrzeugkasten	118
Anhang D (informativ) Bestimmung der Verlagerungseigenschaften für eine Anwendung im Rahmen von EN 15273		
		119
D.1	Einleitung	119
D.2	Bestimmung der Verlagerungseigenschaften	119
D.2.1	Allgemeines	119
D.2.2	Anforderungen zur Beurteilung	119
D.2.3	Versuchsbedingungen	119
D.2.4	Verfahren 1: Stationärer Versuch	120
D.2.5	Verfahren 2 – Streckenfahrversuch	124
Anhang E (informativ) Beurteilung des Verhaltens von Fahrzeugen mit kleinen Rädern in Bogenkreuzungen		
		126
E.1	Zweck	126
E.2	Anwendungsbereiche	126
E.3	Beschreibung der Kreuzungsgeometrie	127
E.4	Prüfbedingungen	129
E.4.1	Allgemeines	129
E.4.2	Verfahren 1: Querkräfte und Anlaufwinkel	130
E.4.3	Verfahren 2: Untersuchung des Aufpralls am Herzstück der Kreuzung	130
E.4.4	Grenzwerte	130
E.4.5	Beurteilung	131
E.4.6	Befreiung	131
E.4.7	Simulation	131
Anhang F (informativ) Prüfspezifikation zur Beurteilung des Fahrzeugverhaltens in Weichen und Kreuzungen		
		132
F.1	Einleitung	132
F.2	Festlegungen	132
F.3	Prüfbedingungen	133
F.4	Beurteilung der Prüfergebnisse	133
F.5	Dokumentation	134
Anhang G (normativ) Koordinatensystem für Messgrößen		
		137
Anhang H (informativ) Betriebliche Parameter		
		138
Anhang I (informativ) Position der verschiedenen Radsätze im Versuch		
		140
Anhang J (informativ) Zusätzliche Größen zur Beurteilung der Fahrwegbeanspruchung		
		141
J.1	Allgemeines	141
J.2	Maximale Querkraft	141
J.3	Kombination von Quer- und Vertikalkräften	142
Anhang K (informativ) Auswertung und Hintergrund der Größe für die Schienenoberflächenschädigung		
		143
Anhang L (informativ) Typische maximale Schätzwerte für das Schwingungsverhalten		
		145
Anhang M (normativ) Gleislagequalität – Auswahl der Prüfabschnitte		
		146

M.1	Auswertungsgrundlage	146
M.2	Beurteilungsgrößen für die Gleislagequalität	146
M.3	Unterschiedliche Messsysteme	147
M.4	Angestrebte Prüfbedingungen	148
M.5	Dokumentation	150
Anhang N (informativ) Hintergrund der Beschreibung der Gleislagequalität		151
Anhang O (normativ) Schienenprofilmessung		152
O.1	Allgemeines	152
O.2	Manuelle Messungen	152
O.2.1	Messungen zur äquivalenten Konizität	152
O.2.2	Messungen zum Radialstellungsindex	152
O.3	Automatische Messungen	152
Anhang P (normativ) Anforderungen für die Auswertung der äquivalenten Konizität		153
Anhang Q (informativ) Radialstellungsindex		154
Q.1	Einleitung	154
Q.2	Berechnung des Radialstellungsindex	155
Anhang R (normativ) Statistische Auswertung		158
R.1	Ziele und Grundsätze der statistischen Analyse	158
R.1.1	Allgemeines	158
R.1.2	Eindimensionales Verfahren	158
R.1.3	Zweidimensionales Verfahren oder einfache Regression	158
R.1.4	Multiple Regression	159
R.2	Bestimmung der Perzentile für jeden Auswerteabschnitt	159
R.3	Vorbereitung der Stichproben	160
R.4	Eindimensionale Analyse zur Bestimmung der maximalen Schätzwerte	161
R.5	Zweidimensionale Analyse für Schätzwerte	161
R.6	Multiple Regressionsanalyse für Schätzwerte	162
R.7	Statistische Auswertung für das Kippkriterium	164
R.8	Annahmen zu den Regressionsverfahren	165
R.8.1	Annahmen zu den Regressionsverfahren und damit verbundene Probleme	165
R.8.2	Erkennungs- und Korrekturtechniken	166
Anhang S (informativ) Fahrverhalten von Sonderfahrzeugen		168
S.1	Allgemeines	168
S.2	Fahrzeugkonstruktion und -klassifizierung	168
S.3	Verwendung des vereinfachten Messverfahrens	169
S.4	Prüfbedingungen	169
S.5	Spezifischer Grenzwert	169
Anhang T (informativ) Simulation von Streckenfahrversuchen		170
T.1	Einleitung	170
T.2	Anwendungsbereiche	170
T.2.1	Allgemeines	170
T.2.2	Erweiterung des Bereichs der Prüfbedingungen	171
T.2.3	Zulassung von Fahrzeugen nach Änderung	171
T.2.4	Zulassung neuer Fahrzeuge durch Vergleich mit einem bereits zugelassenen Referenzfahrzeug	172
T.2.5	Untersuchung des dynamischen Fahrverhaltens im Fall von Ausfallzuständen	173
T.3	Validierung	173
T.3.1	Allgemeine Grundsätze	173
T.3.2	Fahrzeugmodell	174
T.3.3	Validierung des Fahrzeugmodells	174
T.4	Eingabedaten	189
T.4.1	Einleitung	189

T.4.2	Fahrzeugmodell	189
T.4.3	Fahrzeugkonfiguration.....	189
T.4.4	Gleisdaten.....	190
T.4.5	Gleismodellgrößen.....	191
T.4.6	Rad-Schiene-Berührgeometrie.....	191
T.4.7	Schienenoberflächenzustand.....	191
T.4.8	Fahrtrichtung.....	192
T.4.9	Geschwindigkeit.....	192
T.4.10	Position des Fahrzeugs im Zugverband.....	192
T.4.11	Frequenzinhalt von Simulationen	193
T.5	Ausgabe	193
T.5.1	Verfahren zur Bestimmung der maximalen Schätzwerte aus der Simulation.....	193
T.6	Dokumentation	194
T.7	Beispiele für die Modellvalidierung nach Verfahren 1.....	194
Anhang U (informativ) Erweiterung der Zulassung.....		203
U.1	Allgemeines	203
U.2	Bestimmung des Sicherheitsfaktors.....	210
U.3	Befreiung	210
U.3.1	Allgemeines	210
U.3.2	Spezialfälle.....	210
U.4	Verwendung des vereinfachten Verfahrens 	211
U.5	Anforderungen in Abhängigkeit der Erstzulassung.....	212
Anhang V (normativ) Symbole.....		213
Anhang W (informativ) Auflistung der wichtigsten technischen Änderungen im Vergleich zur EN 14363:2005, EN 15686:2010 und EN 15687:2010		216
Anhang ZA (informativ) Zusammenhang zwischen dieser Europäischen Norm und den grundlegenden Anforderungen der abzudeckenden Richtlinie (EU) 2016/797		219
Literaturhinweise.....		221

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 14363:2016+A1:2018+A2:2022) wurde vom Technischen Komitee CEN/TC 256 „Eisenbahnwesen“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Februar 2023, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Februar 2023 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Dieses Dokument beinhaltet Änderung 1, welche von CEN am 15.07.2018 angenommen wurde.

Dieses Dokument beinhaltet Änderung 2, welche von CEN am 18.07.2022 angenommen wurde.

A2 Dieses Dokument ersetzt EN 14363:2016+A1:2018.

Im Vergleich zur vorherigen Fassung wurden folgende technische Änderungen durchgeführt:

- Einführung der ERA OPI/2018-3, Abschnitte 4.1.5, 4.1.6 und 4.1.7 in 7.3.1, Tabelle 2;
- Löschung des informativen Anhangs X;
- Aktualisierung des informativen Anhangs ZA. **A2**

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes wird im Text durch die Textmarkierungen **A1** **A1** angezeigt.

Der Beginn und das Ende des hinzugefügten oder geänderten Textes wird im Text durch die Textmarkierungen **A2** **A2** angezeigt.

Dieses Dokument wurde im Rahmen eines Mandats erarbeitet, das die Europäische Kommission und die Europäische Freihandelszone CEN erteilt haben, und unterstützt grundlegende Anforderungen der EU-Richtlinie(n).

Zum Zusammenhang mit EU-Richtlinien siehe informativen Anhang ZA, der Bestandteil dieses Dokuments ist.

Es ist nicht erforderlich, weitere Beurteilungen von Fahrzeugen zu verlangen, die bereits unter den Bedingungen vorangegangener Normen in diesem Bereich beurteilt wurden. Die unter den Bedingungen vorangegangener Normen erzielten Versuchsergebnisse behalten ihre Gültigkeit und können zur Erweiterung der Zulassung eines Fahrzeugs oder einer Fahrzeugkonstruktion nach dieser Norm genutzt werden.

Vor der ersten Ausgabe dieser Norm fanden nationale Verfahrensweisen zur Zulassung von Fahrzeugen, z. B. in Deutschland oder Großbritannien, Anwendung. Die diesen früheren Normen zugrundeliegenden Prinzipien wurden auch in diese Norm integriert. Die Grundsätze wurden nicht geändert, die Formulierung der Anforderungen wurde jedoch vereinheitlicht. Daher wird davon ausgegangen, dass die Fahrzeuge, die unter Verwendung dieser früheren Anforderungen zugelassen wurden, einen Status haben, der dem der nach dieser Norm zugelassenen Fahrzeuge gleichwertig ist. Dies gilt für die Infrastruktur- und die Betriebsbedingungen, die in den früheren Zulassungen berücksichtigt wurden und umfasst außerdem die Verwendung als Referenzfahrzeug bei einer Zulassungserweiterung.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Für den sicheren und ökonomischen Betrieb eines Eisenbahnsystems sind akzeptable fahrtechnische Eigenschaften eines Schienenfahrzeugs (nachfolgend Fahrzeug genannt) wesentlich. Sie beziehen sich auf:

- das Fahrzeug;
- die Betriebsbedingungen;
- die Eigenschaften der Infrastruktur (Trassierung und Gleislagequalität); und
- die berührgeometrischen Bedingungen der Schnittstelle Rad-Schiene.

Ziel ist es, das Verhalten des Fahrzeugs unter bekannten, repräsentativen Betriebs- und Infrastrukturbedingungen zu quantifizieren.

Diese Norm beschreibt Verfahren, mit denen das Verhalten des Fahrzeugs in den folgenden Bereichen beurteilt werden kann:

- Sicherheit gegen Entgleisen auf Gleisverwindungen (siehe 6.1);
- Fahrsicherheit unter Einfluss von Längsdruckkräften in S-Bögen (siehe 6.2);
- Ermittlung des Verwindekoeffizienten (siehe 6.3);
- Ermittlung der Verlagerungseigenschaften (siehe 6.4);
- Beanspruchung der abzweigenden Weichenzunge (siehe 6.5);
- Fahrsicherheit in Bogenkreuzungen (siehe 6.6);
- Fahrsicherheit, Fahrwegbeanspruchung und Schwingungsverhalten (siehe Abschnitt 7).

Das Verhalten des Fahrzeugs wird in zwei Schritten beurteilt. Üblicherweise werden im ersten Schritt die grundlegenden Eigenschaften und das Verhalten bei niedriger Geschwindigkeit untersucht, bevor erste Fahrten auf der Strecke unter kontrollierten Betriebsbedingungen erfolgen. Im zweiten Schritt wird das Fahrverhalten beurteilt. Die Beurteilung eines Fahrzeugs nach den oben aufgelisteten Elementen kann entweder durch physisches Prüfen, numerische Simulation, Berechnung oder durch Vergleich mit einer bekannten Lösung (Versuchsbefreiung) durchgeführt werden. In diesem Dokument werden Einzelheiten zu den Anforderungen bezüglich der Wahl des geeigneten Beurteilungsverfahrens angegeben.

Die Kombinationen der Betriebsbedingungen (Geschwindigkeit und Überhöhungsfehlbetrag), für die das Fahrzeug beurteilt wird, werden dokumentiert.

Bei der Erstellung dieses Dokuments wurde von bestehenden Regeln, Verfahrensweisen und der Betriebspraxis ausgegangen. Die folgenden Grundlagen wurden angewendet:

- das System Eisenbahn setzt umfassende technische Regeln voraus, damit ein störungsfreies Zusammenwirken von Fahrzeug und Fahrweg sichergestellt werden kann;
- das Verhalten neuer Schienenfahrzeuge muss bewertet und beurteilt werden, bevor sie in Betrieb genommen werden;

- es ist von besonderer Bedeutung, dass das bestehende Niveau bezüglich Sicherheit und Zuverlässigkeit auch bei Änderungen der Konstruktion oder der Betriebsbedingungen (z. B. durch die Einführung höherer Geschwindigkeiten, höherer Radaufstandskräfte, Modifizierungen der Federung usw.) nicht beeinträchtigt wird;
- es ist möglich, die Einhaltung der Anforderungen dieser Norm durch den Vergleich relevanter Parameter oder durch Simulation nachzuweisen, wenn Änderungen hinsichtlich der Konstruktion oder der Betriebsbedingungen durchgeführt wurden;
- da es nicht immer möglich ist, die Kombination aller beschriebenen, angestrebten Prüfbedingungen zu erreichen, kann die Übereinstimmung mit den nicht erreichten, angestrebten Prüfbedingungen durch andere Maßnahmen nachgewiesen werden.

Anforderungen an die Fahrsicherheit bestimmter Fahrzeuge unter dem Einfluss von Längsdruckkräften in S-Bögen werden in EN 15839 angegeben, während in EN 16235 ein Verfahren zur Befreiung von Streckenfahversuchen $\boxed{A_1}$ für Fahrzeuge mit eingeführten oder standardisierten Fahrwerken $\langle A_1 \rangle$ spezifiziert wird, das bei Einhaltung bestimmter Bedingungen anwendbar ist.

Die informativen Anhänge A, B, C, D, E, F, Q, S, T und U enthalten Anforderungen, die erfüllt werden müssen, wenn der entsprechende Anhang angewandt wird.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt das Verfahren zur Beurteilung der fahrtechnischen Eigenschaften von Schienenfahrzeugen für das Europäische Streckennetz der Normalspurweite (nominal 1 435 mm) fest.

Zusätzlich zur Beurteilung der fahrtechnischen Eigenschaften von Fahrzeugen zu Abnahmezwecken definiert diese Norm auch Beurteilungsgrößen und Zusammenhänge, die nicht direkt für Abnahmezwecke verwendet werden. Diese Informationen sind beispielsweise für die Validierung von Simulationsmodellen bestimmt. Sie können auch für die Festlegung von Betriebsbedingungen außerhalb der für die Abnahme anzuwendenden Referenzbedingungen verwendet werden.

Die Bewertung der fahrtechnischen Eigenschaften erfolgt für Fahrzeuge:

- die neu entwickelt wurden;
- mit relevanten Konstruktionsänderungen; oder
- mit Änderungen der Betriebsbedingungen.

Die Beurteilungsverfahren basieren auf festgelegten, angestrebten Prüfbedingungen (siehe 3.1), die in diesem Dokument angegeben sind.

Erfahrungen vieler Jahre haben gezeigt, dass Fahrzeuge, die mit dieser Norm übereinstimmen, auch auf Infrastrukturen sicher betrieben werden können, deren Bedingungen anspruchsvoller als die angestrebten Prüfbedingungen sind, sofern die derzeit gültigen, allgemeinen, betrieblichen Regelungen angewandt werden. So ist es zum Beispiel derzeit allgemeine Praxis, den Überhöhungsfehlbetrag in Bögen unterhalb eines bestimmten Radius zu begrenzen. Es kann notwendig sein, diese betrieblichen Regelungen anzupassen, wenn eine Verschlechterung des Zustandes der Infrastruktur beobachtet wird. Diese betrieblichen Regelungen werden national festgelegt. Das Verfahren zur Ableitung dieser betrieblichen Regelungen ist nicht Bestandteil des Anwendungsbereichs dieser Norm.

ANMERKUNG 1 Die festgelegten Grenzwerte und die statistische Auswertung enthalten Reserven. Diese können zwar nicht quantifiziert werden, erklären jedoch, warum Fahrzeuge in vielen Fällen auch außerhalb der angestrebten Prüfbedingungen bei voller Geschwindigkeit und vollem Überhöhungsfehlbetrag betrieben werden können.

Auch für den Fall, dass die Kombination der angestrebten Prüfbedingungen nicht erreichbar ist, ermöglicht es diese Norm, die Übereinstimmung mit den Anforderungen unter den angestrebten Prüfbedingungen zu zeigen. Zugleich ist es möglich, die Beurteilung eines Fahrzeugs unter eingeschränkten Prüfbedingungen durchzuführen, wie z. B. in den Prüfbereichen 1 und 2 oder bei einer verminderten Geschwindigkeit oder einem reduzierten Überhöhungsfehlbetrag. In diesem Fall ist die Zulassung des Fahrzeugs entsprechend einzugrenzen.

ANMERKUNG 2 Nationale Regelungen erlauben es gelegentlich für den lokalen Betrieb und basierend auf Sicherheitsüberlegungen, die Werte für Geschwindigkeit, Bogenradius und Überhöhungsfehlbetrag anzuheben oder zu senken, wobei die lokalen Eigenschaften der Infrastruktur (Trassierung, Oberbau, Gleislagequalität und berührgeometrische Bedingungen) berücksichtigt werden. Diese lokalen Eigenschaften der Infrastruktur können sich dabei von denen unterscheiden, die der Beurteilung des Fahrzeuges bei der Abnahme zugrunde liegen.

ANMERKUNG 3 Die Verfahren dieser Norm können auch verwendet werden, um Informationen zur Kompatibilität zwischen Fahrzeug und Infrastruktur zu sammeln, wenn die Infrastrukturbedingungen anspruchsvoller als die der angestrebten Prüfbedingungen sind. Die Ergebnisse solcher Untersuchungen können zur Bestimmung sicherer betrieblicher Regelungen für derartige Infrastrukturbedingungen genutzt werden.

Wenn die Prüfung des Fahrzeugs zeigt, dass die fahrtechnischen Eigenschaften den Anforderungen dieser Norm bei maximaler Geschwindigkeit und maximalem Überhöhungsfehlbetrag unter Infrastrukturbedingungen, die anspruchsvoller als die angestrebten Prüfbedingungen sind, genügen, so werden die gewonnenen Ergebnisse akzeptiert und es ist nicht erforderlich, zusätzliche Prüfungen zur Erfüllung der in dieser Norm festgelegten Anforderungen durchzuführen.

Diese Norm spricht vier Aspekte an:

1) Fahrzeuge

Die Beurteilung der fahrtechnischen Eigenschaften wird prinzipiell für alle Schienenfahrzeuge durchgeführt. Das Dokument beinhaltet Abnahmekriterien für alle Fahrzeugtypen mit nominellen statischen vertikalen Radsatzkräften bis zu 225 kN (am höchstbelasteten Radsatz des Fahrzeugs in dem unter 5.3.2 spezifizierten und zu beurteilenden Beladezustand). Zusätzlich sind die Abnahmekriterien für Güterfahrzeuge mit nominellen statischen vertikalen Radsatzkräften von bis zu 250 kN definiert. Die Abnahmekriterien dieses Dokumentes gelten für Fahrzeuge, die für den Betrieb auf Normalspurgleisen konstruiert wurden.

2) Infrastruktur

Im Zulassungsverfahren ist der Bereich der Bogenradien definiert, in denen das Fahrzeug beurteilt wird. Ein Fahrzeug, das nach den Anforderungen dieser Norm zugelassen wurde, kann auf allen Normalspurgleisen nach EN 13803-1 und EN 13803-2 betrieben werden.

EN 14363 gibt auch Hinweise zur Berücksichtigung der Gleislagequalität im Zusammenhang mit der Beurteilung.

3) Bedingungen der Schnittstelle Rad-Schiene

Das Dokument beinhaltet Anforderungen bezüglich des Bereichs der äquivalenten Konizität, der im Rahmen der Beurteilung in die angestrebten Prüfbedingungen einzubeziehen ist.

In einigen nationalen Systemen, entweder in Teilen oder im Gesamtnetz, sind die äquivalenten Konizitäten signifikant höher als in den angestrebten Prüfbedingungen dieser Norm. Diese Fälle liegen außerhalb des Anwendungsbereichs dieser Norm. Dennoch kann das in dieser Norm definierte Verfahren zum Nachweis der Fahrstabilität auch für höhere äquivalente Konizitäten verwendet werden.

ANMERKUNG 4 In diesen Fällen wird die Fahrsicherheit durch die Anwendung vorhandener nationaler Anforderungen für hohe äquivalente Konizitäten während der Stabilitätsprüfungen nachgewiesen. Die Erfahrung hat gezeigt, dass es nicht notwendig ist, die maximal auftretenden Werte der äquivalenten Konizität in solche nationalen Anforderungen aufzunehmen.

4) Betriebsbedingungen

Das Dokument erfordert die Festlegung der Kombination aus zulässiger Geschwindigkeit und zulässigem Überhöhungsfehlbetrag sowie der Beladezustände für jeden Fahrzeugtyp.

ANMERKUNG 5 Empfohlene Werte für Überhöhungsfehlbeträge zum Zwecke einer weitreichenden internationalen Zulassung sind im informativen Anhang H angegeben.

Diese Norm ist nicht direkt anwendbar für:

- Bahnen mit abweichender Trassierung; z. B. Straßenbahnen, Stadtbahnen und Untergrundbahnen;
- Bahnen, die keine Normalspur aufweisen;

aber die Beurteilung kann in Analogie mit diesem Dokument durchgeführt werden, z. B. können die in dieser Norm beschriebenen Prüfverfahren auch auf Fahrzeuge angewendet werden, die in Netzen mit anderen Spurweiten (z. B. 1 524 mm und 1 668 mm) betrieben werden. Die entsprechenden Grenzwerte und Prüfbedingungen könnten abweichen. Sie werden unter Berücksichtigung der Fahrwegkonstruktion und der Betriebsbedingungen in nationaler Verantwortung festgelegt.

Die Festigkeit des Fahrzeugs und seiner Anbauteile, die Einwirkung von Erschütterungen auf Fahrgäste und Personal, Fahrkomfort und Ladungssicherheit, sowie Auswirkungen von Seitenwind sind nicht Bestandteil des Anwendungsbereichs dieser Norm.

Das Dokument beinhaltet Messgrößen zur Beurteilung der Fahrwegbeanspruchung. Die Quantifizierung einer Zustandsverschlechterung oder Ermüdung des Fahrwegs ist dagegen nicht Bestandteil des Anwendungsbereichs dieser Norm.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 13803-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Linienführung in Gleisen — Spurweiten 1 435 mm und größer — Teil 1: Durchgehendes Hauptgleis*

EN 13803-2, *Bahnanwendungen — Oberbau — Linienführung in Gleisen — Spurweiten 1 435 mm und größer — Teil 2: Weichen und Kreuzungen sowie vergleichbare Trassierungselemente mit unvermitteltem Krümmungswechsel*

EN 13848-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleislagequalität — Teil 1: Beschreibung der Gleisgeometrie*

EN 13848-2, *Bahnanwendungen — Oberbau — Gleislagequalität — Teil 2: Messsysteme — Gleismessfahrzeuge*

EN 13848-5:2008+A1:2010, *Bahnanwendungen — Oberbau — Qualität der Gleisgeometrie — Teil 5: Geometrische Qualitätsstufen — Gleise*

EN 14033-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Schienengebundene Bau- und Instandhaltungsmaschinen — Teil 1: Technische Anforderungen an das Fahren*

EN 15273-1, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 1: Allgemeines — Gemeinsame Vorschriften für Infrastruktur und Fahrzeuge*

EN 15273-2, *Bahnanwendungen — Begrenzungslinien — Teil 2: Fahrzeugbegrenzungslinien*

EN 15302:2008+A1:2010, *Bahnanwendungen — Verfahren zur Bestimmung der äquivalenten Konizität*

EN 15663:2009, *Bahnanwendungen — Definition der Fahrzeugreferenzmassen*

EN 15746-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Zweiwege-Maschinen und zugehörige Ausrüstungen — Teil 1: Technische Anforderungen an die Versetzfahrt und den Arbeitseinsatz*

EN 15839, *Bahnanwendungen — Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen — Güterwagen — Prüfung der Fahrsicherheit unter Längsdruckkräften*

EN 15954-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Anhänger und zugehörige Ausstattung — Teil 1: Technische Anforderungen an das Fahren und den Arbeitseinsatz*

EN 15955-1, *Bahnanwendungen — Oberbau — Ausgleisbare Maschinen und zugehörige Ausstattung — Teil 1: Technische Anforderungen an das Fahren und den Arbeitseinsatz*

EN 16235, *Bahnanwendungen — Prüfung für die fahrtechnische Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen — Güterwagen — Bedingungen für Güterwagen mit definierten Eigenschaften zur Befreiung von Streckenfahrversuchen nach EN 14363*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

angestrebte Prüfbedingungen

Bedingungen, die zur Durchführung von Streckenfahrversuchen in dieser Norm festgelegt sind

3.2

Ausdrehwiderstand des Drehgestells

Drehmoment um die Hochachse zwischen Drehgestell und Fahrzeugkasten, das zum Ausdrehen des Drehgestells bei gleichzeitiger Abstützung des Fahrzeugkastens nötig ist

3.3

ungefederte Masse

Masse eines Radsatzes einschließlich aller daran befestigten Bauteile, die nicht durch die Primärfederung oder die Radsatzführung abgefedert wird, z. B. Bremsscheibe, Zahnräder, Lager, Radsatzlagergehäuse mit halber Primärfederermasse, halber Masse der Federschaken und gegebenenfalls ungefederter Teil der Antriebsausrüstung

Anmerkung 1 zum Begriff: Manchmal wird es notwendig sein, verschiedene Radsätze eines Fahrwerks separat zu betrachten.

Anmerkung 2 zum Begriff: In Bezug auf die Fragestellung kann es manchmal notwendig sein, Teile, die separat gefedert sind, bei der Betrachtung ein- oder auszuschließen, z. B. Magnetschienenbremsen.

3.4

primär gefederte Masse

Masse zwischen Primär- und Sekundärfederung eines Fahrwerks mit zwei vertikalen Federstufen, d. h. der Drehgestellrahmen zusammen mit allen daran befestigten Bauteilen wie z. B. Bremsausrüstung, Antennen, Rohrleitungen und Kabel sowie die Hälfte der Primär- und Sekundärfedermassen, die halbe Masse der Federschaken und Längsmitnahme sowie gegebenenfalls der primär gefederte Teil der Antriebsausrüstung

Anmerkung 1 zum Begriff: In Bezug auf die Fragestellung kann es manchmal notwendig sein, Teile, die separat gefedert sind, bei der Betrachtung ein- oder auszuschließen, z. B. Magnetschienenbremsen.

3.5

sekundär gefederte Masse

Masse, die durch die Sekundärfederung eines Fahrwerks getragen wird, d. h. die Masse des relevanten Teils eines Fahrzeugkastens mit allen daran befestigten Bauteilen, z. B. Oberwiege oder Adapterplatte mit der halben Masse der Sekundärfederung, die halbe Masse der Federschaken, der Längsmitnahme, sowie gegebenenfalls des sekundär gefederten Teils der Antriebsausrüstung

3.6

Drehgestellmasse

Masse des Drehgestells, die sich bei Bogeneinfahrt gegenüber dem Fahrzeugkasten um die Hochachse dreht

Anmerkung 1 zum Begriff: In den meisten Fällen entspricht diese Masse ungefähr der Summe der ungefederten Massen und der primär gefederten Masse eines Fahrwerks mit zwei oder mehr Radsätzen.

3.7

Massenträgheitsmoment des gesamten Fahrwerks um die Hochachse

Trägheitsmoment der Masse des Fahrwerks, das sich bei Bogeneinfahrt gegenüber dem Fahrzeugkasten um die Hochachse dreht

3.8

Verlagerungseigenschaften

Kombination der Quer- und Wankverschiebungen eines Fahrzeugs, wenn es einem Überhöhungsüberschuss oder Überhöhungsfehlbetrag ausgesetzt ist

3.9

Fahrverhalten

Verhalten eines Fahrzeugs oder Fahrwerks in Bezug auf das Zusammenwirken von Fahrzeug und Fahrweg, das die Fachbegriffe Fahrsicherheit, Fahrwegbeanspruchung und Schwingungsverhalten umfasst

3.10

fahrtechnische Eigenschaften

Eigenschaften eines Fahrzeugs oder Fahrwerks in Bezug auf das Fahrverhalten, die Sicherheit gegen Entgleisen in Gleisverwindungen und unter dem Einfluss von Längsdruckkräften in S-Bögen, den Verwindekoeffizienten eines Fahrzeugkastens, die Verlagerungseigenschaften, die Beanspruchung einer abzweigenden Weichenzunge und die Fahrsicherheit in Bogenkreuzungen

3.11

äquivalente Konizität

$\tan \gamma_e$

A1 Tangens des Kegelwinkels eines Radsatzes mit konischen Rädern, dessen Querbewegung dieselbe kinematische Wellenlänge wie der betrachtete Radsatz aufweist **A1**

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe auch EN 15302.

3.12

Radialstellungsindex

q_E

A1 Verhältnis zwischen dem Bogenradius R_E , der ohne Längsschlupf befahrbar wäre, und dem eigentlichen Bogenradius R eines Auswerteabschnittes, welches die Radialstellungsfähigkeit eines freien Radsatzes in einem Auswerteabschnitt beschreibt **A1**

3.13

Kombinationen der Betriebsbedingungen

A1 Kombinationen von Geschwindigkeit und Überhöhungsfehlbetrag, mit denen das Fahrzeug betrieben werden soll **A1**

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe informativen Anhang H.

3.14

Fahrzeuge mit konventioneller Technologie

Fahrzeuge, die unter normalen Betriebsbedingungen betrieben werden und die, entweder als gesamtes Fahrzeug oder in den das Fahrverhalten beeinflussenden Teilen, dem bewährten Stand der Technik entsprechen

3.15

Sonderfahrzeuge

Fahrzeuge, die für Wartung, Inspektion oder Erneuerung von Infrastrukturelementen oder für besondere Transportzwecke konstruiert wurden und deren Flotten im Vergleich zu normalen Schienenfahrzeugen mit einer niedrigen Laufleistung betrieben werden, einschließlich von Fahrzeugen der folgenden, nicht notwendigerweise vollständigen Liste:

- Wartungsfahrzeuge:
 - Bau- und Instandhaltungsmaschinen (siehe EN 14033);
 - Kräne und Schutzwagen;
 - Zwei-Wege-Maschinen (siehe EN 15746-1);
 - ausgleisbare Maschinen (siehe EN 15955-1);
 - Anhänger (siehe EN 15954-1);
- Überwachungs- und Inspektionsfahrzeuge, einschließlich:
 - Gleisinspektionsfahrzeuge;
 - Inspektionsfahrzeuge für die Oberleitung;
- Spezialtransportfahrzeuge, einschließlich:
 - Transportfahrzeuge für Transformatoren;
 - Torpedopfannenwagen.

Anmerkung 1 zum Begriff: Tragbare Maschinen und Rollwagen wie in EN 13977 beschrieben unterliegen aufgrund ihres Handbetriebs keinen Anforderungen in EN 14363. Zusätzliche Informationen sind in 7.1 und im informativen Anhang S angegeben.

3.16

Referenzfahrzeug

Fahrzeug, das dasselbe grundsätzliche Konstruktionskonzept wie das zu beurteilende Fahrzeug aufweist und das nach dieser oder einer vergleichbaren Norm geprüft und abgenommen wurde

3.17

Technische Änderung

Änderung an der Konstruktion des Fahrzeugs, die das Verhalten des Fahrzeugs bei einer Beurteilung nach dieser Norm möglicherweise verändern könnte

4 Abweichungen von Anforderungen

Wird im Rahmen der Beurteilung eines Fahrzeuges in einzelnen Punkten von den Anforderungen dieser Norm abgewichen, so sind diese Abweichungen zu dokumentieren und zu erklären. Anschließend ist der Einfluss auf die Beurteilung des Fahrzeugs hinsichtlich der Akzeptanzkriterien zu untersuchen und festzuhalten. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist als integraler Bestandteil der Anforderungen dieser Norm im Rahmen des Beurteilungsprozesses des Fahrzeugs zu berücksichtigen, solange nachgewiesen werden kann, dass die Sicherheit mindestens derjenigen entspricht, die bei Einhaltung der Regeln dieser Norm erreicht würde.

5 Prüfanforderungen

5.1 Messunsicherheiten

Die verschiedenen, gegenwärtig angewandten Verfahren zur Beurteilung der Messunsicherheit sind mindestens genauso streng, wie die Anforderungen, die beim Festlegen der Grenzwerte verwendet wurden. Die Grenzwerte beinhalten bereits einen zulässigen Betrag für diese Messunsicherheit, so dass keine zusätzliche Anpassung des Ergebnisses oder des Grenzwertes erfolgen darf.

ANMERKUNG Die gegenwärtig angewandten Messverfahren (Messausrüstung und Auswertung) sind in der Lage, eine mindestens so kleine Messunsicherheit zu erreichen, wie diejenige, die beim Festlegen der Grenzwerte gebräuchlich war.

Geeignete Gleichgewichtsbedingungen der gemessenen Rad-/Schienen-Kräfte (quasistatische Summe der Y - und Q -Kräfte) und der Trägheitskräfte (Produkt aus unausgeglichener Beschleunigung und Masse) sind zu überprüfen. Die maximalen Abweichungen von der Regressionslinie über dem Überhöhungsfehlbetrag und der Geschwindigkeit sind zu dokumentieren. Bereiche mit großen Abweichungen von den erwarteten Ergebnissen sind von der Beurteilung auszuschließen, wenn sie nicht durch physikalische Effekte erklärbar sind.

5.2 Prüfumfang

5.2.1 Allgemeines

Für ein Fahrzeug, das für Einsatzbedingungen vorgesehen ist, die bei der Trassierung nach EN 13803-1 und EN 13803-2 angenommen wurden, wird der Prüfumfang in Abschnitt 6 und Abschnitt 7 dieser Norm angegeben und, falls erforderlich, durch Abschnitt 5.2.2 ergänzt.

5.2.2 Ausfallzustände

Für die Anwendung dieses Dokuments wird vorausgesetzt, dass potentiell katastrophale Ausfälle klassisch mechanischer Bauteile durch deren konstruktive Ausführung und das Instandhaltungssystem des Fahrzeugs abgedeckt sind.

Falls sich aus einer Analyse der Anforderungen des Instandhaltungssystems und der Einsatzbedingungen ergibt, dass das Fahrzeug in einem fehlerhaften Zustand betrieben werden muss, ist eine Beurteilung der Fahrsicherheit nach dieser Norm vorzunehmen.

Die Fahrsicherheit ist durch Versuche, Simulationen oder eine Kombination aus beidem nachzuweisen. Der Umfang der Versuche und/oder Simulationsfälle ist entsprechend der Analyse festzulegen. Solche Versuche werden mit dem Ziel durchgeführt, das Betriebsverhalten während des untersuchten fehlerhaften Zustandes zu beurteilen. Sie können auf die relevanten Prüfbereiche beschränkt werden.

ANMERKUNG 1 Mögliche, zu berücksichtigende Ausfallzustände sind Ausfälle von aktiven Federungssystemen, Neigetechnik-Systemen, Luftfederungen oder Schlingerdämpfern, sie beschränken sich jedoch nicht darauf.

Es wird davon ausgegangen, dass ein Fehler vor dem Auftreten eines weiteren Fehlers behoben wird, so dass eine Berücksichtigung von Kombinationen nicht erforderlich ist. Eine Überlagerung verschiedener Ausfallzustände muss daher nicht berücksichtigt werden, es sei denn, die Analyse ergibt einen diesbezüglichen Bedarf (z. B. durch physikalische Abhängigkeit).

Für die Ausfallzustände ist es ausreichend, nur die Kriterien der Fahrsicherheit und nur bis zur maximalen Geschwindigkeit (V_{adm}) und bis zum maximalen Überhöhungsfehlbetrag (I_{adm}) zu beurteilen. Die in Tabelle 2 spezifizierten Bereiche für Versuchsgeschwindigkeiten und -überhöhungsfehlbeträge sind entsprechend anzupassen.

Falls die Fahrsicherheit für einen relevanten Ausfallzustand nicht nachgewiesen werden kann, sind Grenzkriterien für einen sicheren Betrieb und mögliche Maßnahmen zur Überwachung und/oder Milderung der Auswirkungen festzulegen, um die Kritizität des Ausfallzustandes zu mindern.

ANMERKUNG 2 Sicherheitsanforderungen für Überwachungssysteme und Ausgleichsmaßnahmen sowie Anforderungen zur Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit solcher Systeme sind nicht Gegenstand dieses Dokuments.

5.3 Versuchsfahrzeug

5.3.1 Auswahl und Zustand des Fahrzeugs

Das Versuchsfahrzeug ist aus einer Baureihe auszuwählen:

- nach dem Prinzip der zufälligen Auswahl aus einer Flotte identischer Fahrzeuge; oder
- unter Berücksichtigung spezieller Fahrzeug- oder Fahrwerkseigenschaften.

Das Versuchsfahrzeug muss die Serienproduktion eines Fahrzeugtyps repräsentieren. Die Prüfergebnisse des Fahrverhaltens beziehen sich auf den tatsächlichen Zustand des Versuchsfahrzeugs während der Prüfung. Der Zustand des Versuchsfahrzeugs ist zu bestimmen und muss dem gewünschten Zustand der zu untersuchenden Baureihe hinsichtlich:

- der für die fahrtechnischen Eigenschaften relevanten Fahrzeugparameter (Tabelle U.1 gibt Hinweise zur Auswahl relevanter Merkmale); sowie
- der Fertigungs- und Instandhaltungszustände entsprechen.

A1 In diesem Zusammenhang ist zu zeigen (z. B. durch Technische Spezifikationen, Konformitätserklärungen und/oder Prüfberichte), dass die Werte der wichtigsten für das Fahrverhalten relevanten Fahrzeugparameter innerhalb der Toleranzen für Fertigung und Instandhaltung liegen. **A1**

Fahrzeuge werden im Allgemeinen in ihrem Neuzustand nach dieser Norm geprüft. Die spezifischen Prüfungen und die damit verbundenen Grenzwerte enthalten einen Spielraum für die normale Streuung der Fahrzeugparameter. Es ist nicht erforderlich, alle erdenklichen Zustände zu prüfen.

5.3.2 Beladezustände

Für das Prüfen des Fahrzeugs im leeren und/oder beladenen Zustand sind die folgenden Definitionen anzuwenden:

- Leer: Zwischen Leermasse und Betriebsmasse in betriebsbereitem Zustand nach EN 15663; mit der Ausnahme, dass es nicht erforderlich ist, den abgenutzten Zustand von Teilen, die dem Verschleiß unterliegen, zu berücksichtigen (z. B. Bremscheiben, Bremsbeläge, Räder usw.);
- Beladen: Auslegungsmasse mit normaler Zuladung nach EN 15663.

Abweichend von dieser Regel müssen bei Personenfahrzeugen der Fernverkehrs- und Hochgeschwindigkeitszüge ohne verbindliche Sitzplatzreservierung im beladenem Zustand 160 kg/m² (2 Personen/m²) anstatt 0 kg/m² in den Stehplatzbereichen berücksichtigt werden.

ANMERKUNG 1 **A1** Falls notwendig, werden für Fahrzeuge von Zügen des Fernverkehrs und von Hochgeschwindigkeitszügen im Rahmen bestimmter Versuchsbedingungen die Beladezustände mit und/oder ohne Sitzplatzreservierung berücksichtigt. **A1**

ANMERKUNG 2 Bei einigen Fahrzeugen kann es ausreichen, nur einen einzelnen passenden Lastfall mit einer mittleren Zuladung zu prüfen und bei der Beurteilung das Verfahren der Zulassungserweiterung nach dem informativen Anhang U zu verwenden; bei einem Sonderfahrzeug ist z. B. (nach Anhang S) eine Variation von -15 % bis +10 % für die geprüfte nominale statische Radsatzaufstandskraft zulässig.

Es ist zulässig, während der Versuche Verbrauchsstoffe in einem für den Betrieb des Fahrzeugs normalen Bereich zu reduzieren (z. B. aufgrund des Kraftstoffverbrauchs). Für Lokomotiven sind nur Versuchsergebnisse zu verwenden, die mit einer Masse oberhalb der Betriebsmasse in betriebsbereitem Zustand nach EN 15663 erzielt wurden.

Bei einigen Fahrzeugen können das Aufnehmen, der Transport und die Verteilung verschiedener Materialien (Schotter, Komponenten des Fahrwegs, Unkrautbekämpfungsmittel, ...) zu einer großen variablen Masse führen. Für diese Fahrzeuge sind folgende Regelungen anzuwenden:

- Kraftstoff für den eigenen Antrieb des Fahrzeugs und andere Materialien, die in Tabelle 2 der EN 15663:2009 aufgeführt werden, müssen als „Verbrauchsstoffe“ angesehen werden; das Fahrzeug wird nicht als Güterfahrzeug im Sinne von EN 15663:2009, Abschnitt 4, betrachtet, was bedeutet, dass die Auslegungsmasse der Verbrauchsstoffe größer angenommen wird, als die Betriebsmasse der Verbrauchsstoffe.
- Sämtliche im Arbeitsprozess verwendeten Materialien, die aufgenommen und/oder entlang der Strecken verteilt oder versprüht werden können, sind als „Zuladung“ zu behandeln.
- Wenn ein bestimmter $\langle A_1 \rangle$ Beladezustand $\langle A_1 \rangle$ nur für die Arbeitsstellung oder für die Versetzfahrt wie in EN 14033-2 beschrieben mit einer Höchstgeschwindigkeit ≤ 60 km/h gilt, muss dieser $\langle A_1 \rangle$ Beladezustand $\langle A_1 \rangle$ bei Streckenfahrversuchen nach dieser Norm nicht berücksichtigt werden.

5.3.3 Verteilung der Radaufstandskräfte

Die Verteilung der Rad- und Radsatzaufstandskräfte ist ein Grundparameter zur Beschreibung des Fahrzeugzustands während des Versuchsprogramms. Um die Radkräfte in den Beladezuständen nach 5.3.2 zu bestimmen, müssen die Radkräfte in mindestens einem Beladezustand direkt gemessen werden. Andere Beladezustände dürfen unter Berücksichtigung der Massen von Verbrauchsstoffen und Zuladung rechnerisch ermittelt werden.

Es wird empfohlen, die Radaufstandskräfte des Versuchsfahrzeugs bei allen bei den Versuchen verwendeten Lastfällen zu messen.

Fahrzeugmasse und Radsatzaufstandskräfte müssen zusammen mit den ermittelten Radaufstandskräften und den relativen Radaufstandskraftabweichungen nach den folgenden Gleichungen dokumentiert werden:

Masse des Fahrzeugs:

$$m_{\text{veh}} = \frac{\sum_{j=1}^n (Q_{j1} + Q_{j2})}{g}$$

Radsatzaufstandskraft:

$$P_{F0,j} = Q_{j1} + Q_{j2}$$

Maximale Radsatzaufstandskraft des Fahrzeugs:

$$P_{F0,\text{max}} = \max(Q_{j1} + Q_{j2}) \text{ für } j = 1, n$$

Dabei ist

n die Anzahl der Radsätze des Fahrzeugs.

Verhältnis der Radaufstandskraftdifferenz je Radsatz und der Radsatzaufstandskraft des Radsatzes:

$$\Delta q_j = \frac{|Q_{j1} - Q_{j2}|}{P_{F0,j}}$$

ANMERKUNG Es ist beabsichtigt, das Messverfahren für statische Rad- und Radsatzaufstandskräfte in der neuen Norm prEN 15654-2 (*Bahnanwendungen — Messung von vertikalen Rad- und Radsatzkräften — Teil 2: Test im Werk für neue, umgebaute und instandgesetzte Fahrzeuge*) zu spezifizieren, die später als diese Norm veröffentlicht wird.

5.4 Beurteilung der Prüfergebnisse

Für die Beurteilung des Fahrzeugs sollten die angestrebten Prüfbedingungen erfüllt werden. Falls nicht alle angestrebten Prüfbedingungen während der Versuche erfüllt wurden, müssen die Versuchsergebnisse mit Hilfe eines oder mehrerer der in dieser Norm beschriebenen Verfahren (z. B. multiple Regression im normativen Anhang R oder Simulation im informativen Anhang T) interpretiert oder korrigiert werden. Alle Abweichungen von den angestrebten Prüfbedingungen sind zu dokumentieren.

ANMERKUNG Falls versucht wird, zu große Lücken zwischen den angestrebten und den erreichten Versuchsbedingungen zu schließen, kann dies zu unzuverlässigen Ergebnissen führen, sodass es schwierig werden könnte, darin zu vertrauen, dass das Fahrzeug fähig ist, die Grenzwerte einzuhalten.

5.5 Versuchsdokumentation

Der Prüfbericht muss ausreichend detailliert sein, so dass die Versuchsdurchführung nachvollziehbar ist und besondere Vorkommnisse zugeordnet werden können. Er muss mindestens alle notwendigen Informationen zur Beurteilung der Versuchsergebnisse beinhalten:

- Name der prüfenden Organisation und des Versuchsleiters;
- Datum und Zeit der Prüfung;
- **A1** Beschreibung der Witterungsbedingungen während der Versuchsfahrten **A1**;
- Beschreibung der Fahrzeugkonstruktion und ihrer relevanten Parameter;
- Zustand des geprüften Fahrzeugs;
- Beschreibung der Versuchsanlagen oder der Versuchsstrecken;
- Beschreibung der Messausrüstung;
- Beschreibung des Auswerteverfahrens;
- Ergebnisse von Plausibilitätsprüfungen von Messradsätzen;
- besondere Umstände, die mit der Versuchsdurchführung zusammenhängen;
- Versuchsergebnisse.

6 Erste Schritte – Beurteilung

6.1 Sicherheit gegen Entgleisen auf Gleisverwindungen

6.1.1 Allgemeines

Die in diesem Abschnitt beschriebenen Beurteilungsverfahren dienen dazu, sicherzustellen, dass Fahrzeuge Gleisverwindungen sicher befahren können. Im Streckennetz einer Eisenbahn sind Gleisverwindungen unvermeidlich. Sie sind einerseits durch den Übergang zwischen ebenem Gleis und überhöhtem Gleis und andererseits durch Querrhöhenabweichungen (innerhalb der Instandhaltungsgrenzen) bedingt. Beim Befahren von Gleisverwindungen entsteht ein erhöhtes Entgleisungsrisiko aufgrund der erhöhten Wahrscheinlichkeit des Spurkranzaufkletterns infolge reduzierter Radaufstandskraft bei hohen Querkraften. Die Radaufstandskräfte werden durch die folgenden Effekte beeinflusst:

- Verwindung auf Basis des Radsatzabstandes im Drehgestell;
- Verwindung auf Basis des Drehgestellmittenabstandes (bei Drehgestellfahrzeugen) oder des Radsatzabstandes (bei Fahrzeugen ohne Drehgestelle);
- Hysterese während der Verwindung;
- außermittige Schwerpunktslage;
- Verwindung von Drehgestell und Fahrzeugkasten aufgrund von Toleranzen oder der Konstruktion des Fahrzeugs;
- außermittige Schwerpunktslage infolge eines Überhöhungsüberschusses – dieser Einfluss wird während der Prüfung eliminiert;
- Wankmoment der Radsatzlagerquerkräfte.

ANMERKUNG 1 Es wird vorausgesetzt, dass die Abnahme der Führungskräfte in größeren Bogenradien die Sicherheit gegen Entgleisen stärker beeinflusst, als die stärkere Entlastung des führenden Rades aufgrund der größeren zulässigen Überhöhung in solchen Bogenradien.

Bei den Beurteilungsverfahren zum Nachweis der Sicherheit gegen Entgleisen werden theoretische und extreme Situationen für die Fahrzeuge berücksichtigt.

In diesem Unterabschnitt werden drei Prüfverfahren spezifiziert, mit deren Hilfe das Entgleisungsverhalten von Fahrzeugen beim Befahren von Gleisverwindungen untersucht wird. Alle drei Verfahren wurden aus den Arbeiten der Arbeitsgruppe ORE-B55 (später ERRI) abgeleitet. Diese Prüfverfahren haben ein gemeinsames Ziel. Die nachstehend beschriebenen Verfahren sind jedoch voneinander unabhängig und dürfen nicht direkt verglichen werden. Außerdem dürfen die für jedes Prüfverfahren spezifizierten Werte und Bedingungen nur innerhalb des jeweiligen Verfahrens verwendet werden; es ist nicht möglich, sie direkt mit den Versuchsbedingungen und mit den numerischen Ergebnissen der anderen Prüfverfahren zu vergleichen.

Die in den drei nachstehend ausgeführten Prüfverfahren spezifizierten Prüfbedingungen zur Bewertung der Sicherheit gegen Entgleisen in Gleisverwindungen repräsentieren nicht die schlechtestmöglichen Bedingungen, die auftreten könnten. Dennoch zeigt die Erfahrung vieler Jahre, dass Fahrzeuge, die den in diesem Unterabschnitt spezifizierten Beurteilungskriterien entsprechen, sicher auf dem europäischen Schienennetz betrieben werden können. Diese Beurteilung muss im Rahmen der Erstabnahme für alle Fahrzeuge unter Anwendung eines der nachstehend beschriebenen Verfahren durchgeführt werden.

Im **Verfahren 1** befährt ein Fahrzeug ein Gleis mit 150 m Bogenradius und festgelegter Gleisverwindung. Das Beurteilungskriterium ist die Radanhebung Δz .

Im **Verfahren 2** werden die Führungskräfte zwischen Rad und Schiene beim Befahren eines Bogens mit 150 m Radius und ohne Verwindung bestimmt. Die Änderung der Radaufstandskraft bei Aufbringung einer Gleisverwindung wird separat gemessen. Das Beurteilungskriterium ist das Verhältnis von seitlicher Führungskraft und Radaufstandskraft am äußeren Rad $(Y/Q)_a$. Mit diesem Verfahren ist die Möglichkeit der Zulassung durch Berechnung anhand von Ergebnissen einer vorhergehenden Messung an einem Referenzfahrzeug gegeben.

ANMERKUNG 2 ORE B55, Rp.8 [6] beinhaltet eine Reihe von Modellen und Parametern für Güter- und Sonderfahrzeuge mit deren Hilfe ein Referenzfahrzeug beschrieben werden kann.

Im **Verfahren 3** wird der Ausdrehwiderstand (X-Faktor) bestimmt, der beim Durchfahren des für das Fahrzeug festgelegten Mindestbogenradius' auftritt. ^[A1] Die relative Radentlastung $\Delta Q/Q$ bei Aufbringung einer Gleisverwindung wird separat gemessen. Das Beurteilungskriterium ist der X-Faktor zusammen mit der relativen Radentlastung $\Delta Q/Q$ ^[A1]. Wenn es unter Verwendung des Verfahrens 3 (Schritt 1) nicht möglich ist, nachzuweisen, dass beide Kriterien gemeinsam erfüllt werden, dürfen validierte Computersimulationen nach informativem Anhang B verwendet werden.

Die drei Prüfverfahren führen zu einem sicheren Betrieb der Fahrzeuge, wenn die Gleisverwindung einschließlich der trassierten Verwindung und der gegenseitigen Höhenlage nach den Regeln der EN 13848-5:2008+A1:2010, 8.6, instandgehalten wird.

ANMERKUNG 3 Die Anforderungen für die Beurteilung der Sicherheit gegen Entgleisen in Gleisverwindungen von Sonderfahrzeugen, die im verschlechterten Arbeitsgleis betrieben werden sind in EN 14033-2 festgelegt.

Zur Erweiterung der Zulassung ist die Beurteilung durch Berechnung oder Versuch nur notwendig, wenn die Änderung von Parametern das Risiko des Entgleisens erhöhen kann.

ANMERKUNG 4 Die wichtigsten Faktoren, die die Sicherheit gegen Entgleisen beeinflussen, sind in A.1 angegeben.

Für Güterwagen ist eine Befreiung von Versuchen und Berechnungen zur Sicherheit gegen Entgleisen zulässig, wenn der nominelle Spurkranzflankenwinkel 70° beträgt und wenn die Parameter und Fahrwerksbauarten mit denjenigen übereinstimmen, für die Versuchs- oder Berechnungsergebnisse veröffentlicht wurden, die unter dem Grenzwert liegen.

ANMERKUNG 5 Parameter und Fahrwerksarten, die die erforderlichen Kriterien erfüllen, sind in den tabellierten Ergebnissen in Anhang A, Anhang B und Anhang C der UIC 530-2:2008 [12] angegeben, die auf der UIC-Webseite ^[A1] *gestrichener Text* ^[A1] verfügbar ist.

6.1.2 Messwerterfassung

Das beurteilte Signal für die Radanhebung Δz muss geschwindigkeitsabhängig mit einer Grenzfrequenz zwischen 5 Hz und 1 Hz tiefpassgefiltert werden, um die Erfassung sehr kurzer zeitlicher Aufklettervorgänge eines Rades auszuschließen.

Wenn die Y- und Q-Kräfte mit Hilfe von Messradsätzen kontinuierlich gemessen werden, sind die Signale, wie in Tabelle 5 für den Streckenfahrversuch beschrieben, zu filtern.

6.1.3 Schienenzustand bei der Prüfung

Prüfungen nach Verfahren 1 und 2 müssen unter nominal trockenen Bedingungen durchgeführt werden, um hohe Reibkräfte zwischen Rad und Schiene zu berücksichtigen.

Informationen zur Beschreibung des Schienenzustandes sind durch folgende Messungen zu gewinnen und, wie im Folgenden beschrieben, beurteilt werden:

- Y_i und Q_i am inneren führenden Rad;

- Anlaufwinkel α ; und
- mittlere statische Radaufstandskraft $\boxed{A_1}$ Q_{F0} $\langle A_1 \rangle$ des führenden Radsatzes.

Während der Prüfungen muss der Kraftschlussbeiwert τ mindestens 80 % des bei trockenen Schienen zu erwartenden Wertes betragen. Deshalb muss die folgende Bedingung in Abhängigkeit vom Anlaufwinkel eingehalten werden:

$$(Y/Q)_i \geq 0,8 \cdot \tau_{\text{dry}} + \gamma$$

In der oben angegebenen Gleichung ist der Kontaktwinkel γ der Lauffläche im Aufstandspunkt auf der Innenschiene einzusetzen.

Der Kraftschlussbeiwert τ_{dry} repräsentiert das Verhältnis zwischen Querreibkraft und Vertikalkraft. Bei reinem Querschlupf ist der Kraftschlussbeiwert τ_{dry} für trockene Bedingungen wie folgt definiert (siehe A.3):

$$\left(\frac{1}{\tau_{\text{dry}}} \right)^n = \left(\frac{1}{a} \right)^n + \left(\frac{1}{b \cdot \alpha} \right)^n$$

Dabei sind

$\boxed{A_1}$

$$a = \frac{Q_{F0}^2 - 242,5 Q_{F0} + 57\,150}{100\,000}$$

$$b = \frac{Q_{F0}^2 - 242,5 Q_{F0} + 21\,950}{100}$$

$$n = 0,005 Q_{F0} + 2,2$$

$\langle A_1 \rangle$

Anlaufwinkel α in rad und die statische Radaufstandskraft $\boxed{A_1}$ Q_{F0} $\langle A_1 \rangle$ in kN einzusetzen.

Wenn die tatsächliche mittlere Radaufstandskraft an der Innenschiene während der Prüfung von $\boxed{A_1}$ Q_{F0} $\langle A_1 \rangle$ abweicht, ist es zulässig, in der vorstehenden Gleichung diesen abweichenden Wert zu verwenden.

Die Maximalwerte für τ_{dry} erhält man bei den Maximalwerten von α .

ANMERKUNG Diese Gleichungen wurden mit einem Raddurchmesser von 1 m und statischen Radaufstandskräften zwischen 40 kN und 112,5 kN ermittelt. Für die Anwendung dieser Norm werden sie auch außerhalb dieser Bedingungen für gültig erachtet.

Wenn der Anlaufwinkel durch den Gesamtschlupf (Längs- und Querschlupf) ersetzt wird, beschreibt diese Gleichung die Kraftschluss-Schlupf-Kurve bei trockener Schiene.

Wenn während der Prüfung ein Kraftschlussbeiwert entsteht, der höher als 100 % τ_{dry} ist, dürfen die Prüfungen wiederholt werden.

Um die Reibverhältnisse während der Prüfungen zu bestimmen, ist eine Messung des Anlaufwinkels notwendig.

Das Verfahren ist nicht geeignet, wenn der Anlaufwinkel sehr klein ist (z. B. weniger als 0,001 5 rad). Im Fall von Drehgestellen mit einem niedrigen Anlaufwinkel muss die Bestimmung der Reibverhältnisse durch die Messung an einem führenden Radsatz eines Fahrzeugs erfolgen, das einen höheren Anlaufwinkel erzeugt.

6.1.4 Fahrzeugzustand bei der Prüfung

6.1.4.1 Allgemeines

Bei den Verfahren 1 und 2 müssen die Auswirkungen der Fahrtrichtung und der Orientierung der Bögen analysiert werden, wobei die Fahrzeugkonstruktion und die Radaufstandskraftverteilung im Fahrzeug zu berücksichtigen ist. Die Versuchsbedingung und die zu untersuchenden Radsätze ergeben sich aus dieser Analyse und müssen für den ungünstigsten Fall bestimmt werden.

BEISPIEL Bei Einzelfahrzeugen mit zwei Radsätzen oder Drehgestellen sollten die beiden äußeren Radsätze in führender Position analysiert werden, außer wenn das Fahrzeug symmetrisch ist – dann könnte die Prüfung eines Radsatzes genügen.

Bei sämtlichen Verfahren müssen alle relevanten Verbindungen zwischen Fahrzeugkasten und Drehgestell, die die Beurteilungsgrößen beeinflussen, korrekt angebracht sein. Falls es notwendig ist, für ein fehlerfreies Einbringen der Beilagen in Verfahren 1 die Dämpfer zu entfernen, muss die Auswirkung auf die Radaufstandskräfte unter Berücksichtigung der niedrigen Versuchsgeschwindigkeit untersucht werden. Das Ergebnis dieser Untersuchung ist bei der abschließenden Beurteilung der Versuchsergebnisse zu berücksichtigen.

Einzelfahrzeuge, die Teil eines Zugverbandes sind, dürfen einzeln geprüft werden. Es muss gezeigt werden, dass die Prüfbedingungen die Kräfte und Momente repräsentieren, die bei Integration des Fahrzeugs im Zugverband auftreten.

Solange die Kupplungskräfte und –momente geringer oder gleich den Kräften und Momenten zwischen Fahrzeugen sind, die an ihren Enden mit Standardpuffern und Drehgestellen ausgestattet sind, dürfen die Fahrzeuge einzeln geprüft werden.

6.1.4.2 Beladezustände

Die Fahrzeuge sind im Leerzustand zu prüfen (siehe 5.3.2).

Falls die Federung nichtlinear ist, muss die Sicherheit gegen Entgleisen in der ungünstigsten Kombination von Beladezustand und Steifigkeit geprüft werden (dies wird z. B. bei einer zweistufigen Feder mit einer Belastung oberhalb des Eingriffspunktes der zweiten Feder auftreten, bei der in vollständiger Fahrzeug-Prüfverwindung die zweite Federstufe gerade noch wirksam ist bzw. in Kontakt bleibt).

6.1.4.3 Bedingungen für Fahrzeuge mit Luftfedern

Die Sicherheit gegen Entgleisen muss im Luft- und Notfederbetrieb geprüft werden.

Im Notfederbetrieb ist die kritischste Situation zu prüfen (normalerweise sämtliche Drehgestelle entlüftet).

Im Luftfederbetrieb kann die Verteilung der Radaufstandskraft durch die Reaktionszeit des Niveauregelsystems beeinflusst werden. Die Art der Luftfederregelung (z. B. 4-Punkt-Steuerung, 3-Punkt-Steuerung, 2-Punkt-Steuerung) hat einen großen Einfluss. Im informativen Anhang A sind einige zusätzliche Informationen enthalten.

Der Einfluss der Reaktionszeit des Niveauregelsystems ist zu untersuchen. Im Rahmen der Versuche ist der Einfluss des Niveauregelsystems durch das Einbeziehen von Pausen, die eine Stabilisierung des Systems ermöglichen, zu messen.

6.1.4.4 Bedingungen für Drehgestellfahrzeuge mit mehr als zwei Radsätzen je Drehgestell

Bei den Verfahren 1 und 2 bezieht sich die Drehgestell-Prüfverwindung auf die äußeren Radsätze des Drehgestells. Die Verwindewege dazwischenliegender Radsätze sind zu interpolieren.

6.1.4.5 Bedingungen für Gelenkfahrzeuge

Bei Gelenkfahrzeugen, bei denen die benachbarten Fahrzeugkästen von einem gemeinsamen Drehgestell oder Gelenk getragen werden, muss der Einfluss der Zwischenwagenverbindungen untersucht werden, um ihre Signifikanz zu ermitteln. Die Prüfbedingungen und die zu untersuchenden Radsätze werden anhand dieser Analyse festgelegt. Zwischenfahrwerke oder -drehgestelle müssen gleichfalls geprüft werden. Es könnte nötig sein, mehr als einen Fahrzeugkasten gleichzeitig zu prüfen.

A.5 stellt zusätzliche Informationen und Beispiele bereit.

6.1.4.6 Bedingungen für Fahrzeuge mit mehr als zwei Federstufen

Der Begriff „Federung“ wird verwendet, um die Bewegungsfreiheit zwischen benachbarten Körpern zu beschreiben. Das kann, muss aber nicht, Federn oder Dämpfer beinhalten. A.6 zeigt ein Beispiel für solch eine Anordnung. Es existieren jedoch viele andere Bauarten.

Die relevanten Fahrzeugprüfverwindungen für die einzelnen Federstufen müssen in Analogie zu den Regelungen, die in jedem der Prüfverfahren für Drehgestell-Fahrzeuge angegeben sind, festgelegt werden. A.6 enthält ein Beispiel für das dargestellte Fahrzeug.

6.1.4.7 Bedingungen für Fahrzeuge mit einstellbaren Radsätzen

Bei Fahrzeugen mit Einrichtungen zur Steuerung der Radsätze können die Gleisbedingungen (z. B. S-Bögen) zu größeren Anlaufwinkeln als im Versuchsgleis führen. Dies muss bei den Prüfungen nach Verfahren 1 und 2 berücksichtigt werden. Es müssen die ungünstigsten Betriebsbedingungen hinsichtlich des Anlaufwinkels bestimmt werden. In Vollbögen sind die Anlaufwinkel und damit die Führungskräfte normalerweise niedrig. Trotzdem können die Steuerungseinrichtungen in Übergangsbögen oder Gegenbögen entgegengerichtete Anlaufwinkel verursachen.

Um während der Prüfung die größten Führungskräfte zu berücksichtigen, müssen diese zusätzlichen Anlaufwinkel durch geeignete Verfahren simuliert werden (z. B. durch Entfernen der Steuerungseinrichtung und Festsetzen der Radsätze auf diesen Anlaufwinkel).

Für Fahrzeuge mit selbststeuernden Radsätzen oder anderen Fahrwerken, bei denen die Berührgeometrie zwischen Rad und Schiene einen bedeutenden Einfluss auf die Steuerwirkung sowie die resultierenden Anlaufwinkel ausübt, sind entsprechende Untersuchungen durchzuführen (z. B. erzwungener Anlaufwinkel, Veränderung der Berührgeometrie zwischen Rad und Schiene).

6.1.5 Prüfverfahren

6.1.5.1 Verfahren 1: Prüfung im verwundenen Messgleisbogen

6.1.5.1.1 Allgemeines

Die Sicherheit gegen Entgleisen ist durch Messen der Radanhebung des bogenäußeren Rades am führenden Radsatz zu bestimmen, wenn ein verwundener Messgleisbogen befahren wird. Die Werte für $(Y/Q)_a$ müssen gemessen und $(Y/Q)_{a,max}$ muss berechnet werden. Die Ergebnisse sind in einem Bericht zu dokumentieren, wobei $(Y/Q)_{a,max}$ keine Beurteilungsgröße ist.

6.1.5.1.2 Versuchsbedingungen

Die folgenden Werte für die Fahrzeugprüfverwindungen müssen verwendet werden:

— Für die Drehgestellprüfverwindungen:

$$g_{\text{lim}}^+ = 7 \quad \text{wenn } 2a^+ \leq 4 \text{ m und}$$

$$g_{\text{lim}}^+ = \frac{20}{2a^+} + 2,0 \quad \text{wenn } 2a^+ > 4 \text{ m}$$

Dabei ist $2a^+$ der Radsatzabstand im Drehgestell in m und g_{lim}^+ in ‰.

— Für Fahrzeugkastenprüfverwindungen:

$$g_{\text{lim}}^* = 7 \quad \text{wenn } 2a \leq 4 \text{ m und}$$

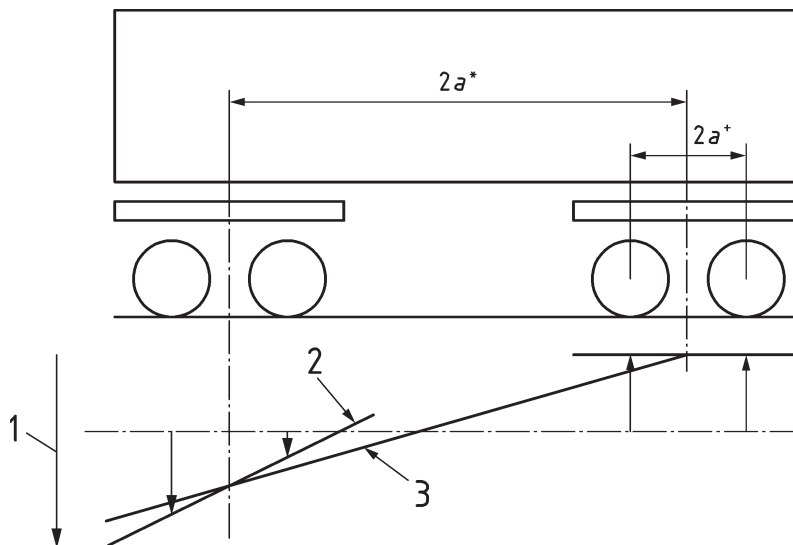
$$g_{\text{lim}}^* = \frac{20}{2a} + 2,0 \quad \text{wenn } 4 \text{ m} < 2a \leq 20 \text{ m}$$

$$g_{\text{lim}}^* = 3 \quad \text{wenn } 20 \text{ m} < 2a \leq 30 \text{ m}$$

$$g_{\text{lim}}^* = \frac{90}{2a} \quad \text{wenn } 2a > 30 \text{ m}$$

Dabei ist $2a$ die Längsbasis der Verwindung in m (bei Einzelfahrzeugen entspricht die Längsbasis der Verwindung der Größe $2a^*$, also dem Abstand zwischen den Drehzapfen bei Fahrzeugen mit Drehgestellen oder dem Abstand der Radsätze bei Fahrzeugen ohne Drehgestelle) und g_{lim}^* in ‰.

Bei Drehgestellfahrzeugen muss die Verwindung aufgrund des Radsatzabstandes im Drehgestell $2a^+$ und die Verwindung aufgrund des Drehgestellmittenabstands $2a^*$ wie in Bild 1 kombiniert werden.

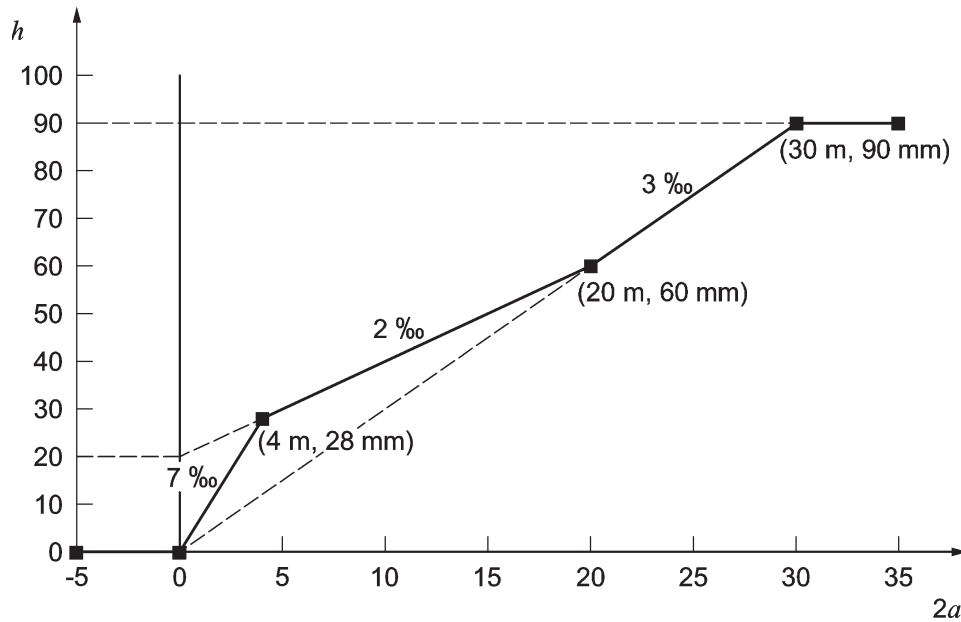


Legende

- 1 vertikale Verschiebung
- 2 Drehgestellprüfverwindung
- 3 Fahrzeugkastenprüfverwindung

Bild 1 — Kombination von Drehgestell- und Fahrzeugkastenprüfverwindung

Bild 2 zeigt die Werte für die Prüfverwindung in Abhängigkeit der Längenmaße $2a^+$ und $2a^*$. Der maximale Höhenunterschied der Verwindung muss 90 mm betragen, was einem Verwindewert von 3 ‰ bei 30 m entspricht. Bei Längen von mehr als 30 m muss der Höhenunterschied der Verwindung 90 mm betragen.



Legende

h Verwindehöhe

$2a$ Längenbasis der Verwindung

Bild 2 — Prüfverwindewerte und Verwindehöhen

Bei Gelenkfahrzeugen muss der Einfluss der Fahrzeugkästen und Drehgestelle, die nicht geprüft werden, ebenfalls berücksichtigt werden und es müssen Maßnahmen ergriffen werden, um diese Einflüsse zu identifizieren. Gegebenenfalls müssen diese Einflüsse durch geeignete Maßnahmen (z. B. durch Beilagen) beseitigt werden oder der Einfluss muss durch andere Maßnahmen (z. B. durch Berechnung, um die Auswirkungen auf das Fahrzeugverhalten zu demonstrieren) gemindert oder auf ein vertretbares Maß reduziert werden.

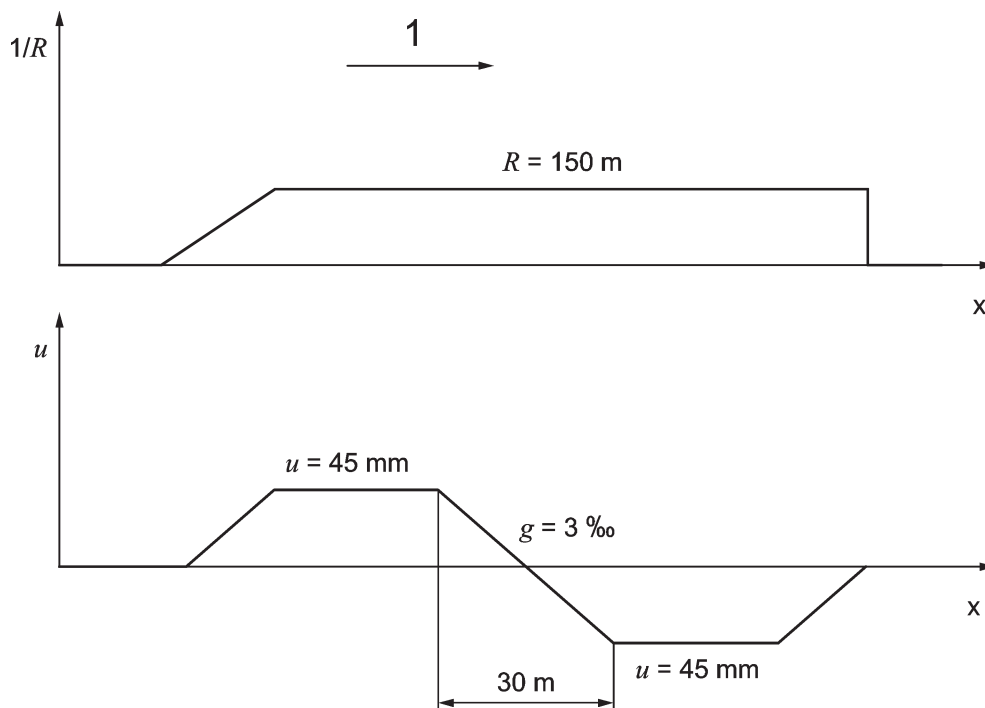
Ziel ist, die korrekte Prüfverwindung auf das Fahrzeug aufzubringen. Der Zustand des verwundenen Messgleisbogens muss ermittelt werden, unter Verwendung des gemessenen Gleiszustandes (Verwindung, Länge der Verwindung, Überhöhung, Länge der gleichbleibenden Überhöhung). Es müssen notwendige Einstellungen am Fahrzeug zum Erreichen der erforderlichen Prüfverwindung (z. B. Verwendung von Beilagen) bestimmt und dokumentiert werden. Die erreichten Prüfverwindungen (g^+ , g^*) dürfen in der kritischsten Position nicht mehr als 10 % von den beabsichtigten Werten (g_{lim}^+ , g_{lim}^*) abweichen.

Der Einfluss von Längskräften im Zugverband muss minimiert werden. Das Fahrzeug darf nicht gebremst werden. Die Geschwindigkeit muss konstant sein und darf 10 km/h nicht überschreiten.

Der Versuch muss mindestens dreimal erfolgreich durchgeführt werden.

6.1.5.1.3 Gleiseigenschaften

Bild 3 enthält ein Beispiel für den Aufbau eines verwundenen Messgleisbogens mit den nachstehend beschriebenen Merkmalen.



Legende

- $1/R$ Krümmung
- u Überhöhung
- 1 Fahrtrichtung
- x Gleiskoordinate

Bild 3 — Beispiel für die allgemeine Anordnung eines verwundenen Messgleisbogens

Versuche müssen in einem verwundenen Messgleisbogen mit folgenden Merkmalen durchgeführt werden:

- Nennbogenradius $R = 150$ m;
- Nennspurweite des verwundenen Messgleisbogens im Bereich zwischen 1 440 mm und 1 465 mm, Abweichungen vom Nennwert von ± 5 mm sind zulässig;
- der verwundene Messgleisbogen darf bei der Richtungsabweichung eine Toleranz zwischen Mittel- und Spitzenwert von 10 mm nicht überschreiten; verwundener Gleisabschnitt mit einer gleichbleibenden Krümmung und einer Nennverwindung von 3 ‰;
- die Verwindung wird durch das Variieren der Höhe der äußeren Schiene von einer positiven zu einer negativen Überhöhung erreicht. Es ist gleichfalls zulässig, eine durch Anheben und Absenken beider Schienen erzielte horizontale Gleismittellinie zu verwenden; die tatsächliche Überhöhung ist an jedem Schienenbefestigungspunkt zu messen und zu dokumentieren;
- plötzliche Änderungen von Berührgeometrie, Spurweite und Krümmung innerhalb der Toleranzen müssen innerhalb des Prüfbereiches vermieden werden. Falls plötzliche Änderungen von Berührgeometrie, Spurweite und Krümmung zusammen mit Reibungsbeiwerten an der oberen Grenze des zulässigen Bereichs einbezogen werden, kann die Prüfung zu streng ausfallen; in diesem Fall darf sie wiederholt werden.

Die Prüfbedingungen wie in 6.1.3 beschrieben (trockene Schienenbedingungen) müssen für die Innenschiene erfüllt werden. Für die Außenschiene muss die Prüfung mit Spurkranz und Schiene im trockenen Zustand und ohne Restschmierung durchgeführt werden. Dies ist zu dokumentieren.

6.1.5.1.4 Fahrzeugzustand

Im Rahmen der Prüfplanung sind Fahrtrichtung und Gleiskrümmung so zu wählen, dass das Rad mit der geringsten Radaufstandskraft eines zu untersuchenden Radsatzes in führender Position auf der Außenschiene des Bogens geprüft wird. Dies kann das zusätzliche Einbringen von Beilagen in die Federung einschließen. Damit soll sichergestellt werden, dass sich die geringere Radaufstandskraft in der ungünstigsten Position befindet. Die erreichte Verteilung der Radaufstandskraft muss verifiziert werden.

Es ist nicht notwendig, mit der maximal zulässigen Radaufstandskraftabweichung zu prüfen.

Bei Fahrzeugen mit Luftfederung ist die Verteilung der Radaufstandskraft im Luft- und Notfederbetrieb unterschiedlich. Dies kann zu anderweitigen Anforderungen bezüglich des Einbringens von Beilagen führen. Wenn durch die gemessenen Y - und Q -Kräfte nachgewiesen werden kann, dass ein Federungszustand weniger bedenklich ist (unter Einhaltung einer Sicherheitsspanne von 10 % Unterschied zwischen den beiden Ergebnissen für $(Y/Q)_a$), dann ist das Einbringen von Beilagen für den in Bezug auf das Aufklettern des Rades kritischeren Zustand für beide Zustände ausreichend.

[A1] Wenn die eingebaute Verwindung im verwundenen Messgleisbogen kleiner ist als die Fahrzeugprüfverwindung nach 6.1.5.1.2, muss die fehlende Verwindung im Fahrzeug erzeugt werden, zum Beispiel durch das Einbringen von Beilagen in die Federung (und Wankstützbefestigungen) auf geeignete Art. Eine Begründung für das verwendete Verfahren zum Einbringen der Beilagen ist zu dokumentieren. Diese muss zeigen, dass durch das Einbringen von Beilagen dieselbe Wirkung erreicht wird, wie durch die erforderliche Verwindung auf Gleisebene. A.7 beinhaltet Vorschläge zur Berechnung der Beilagendicke in Abhängigkeit von ihrer Position. **[A1]**

Der nominelle Spurkranzflankenwinkel des geprüften Fahrzeugs muss $\leq 70^\circ$ betragen. Wenn das Fahrzeug normalerweise mit einem nominellen Spurkranzflankenwinkel von $>70^\circ$ ausgestattet ist, muss für die Prüfung ein Sonderprofil mit einem Spurkranzflankenwinkel von 70° verwendet werden.

ANMERKUNG Bei neuen Radsätzen oder nach der Bearbeitung dürfen die tatsächlich erreichten Werte für die Spurkranzflankenwinkel um den Betrag abweichen, der durch die Toleranzen in den Spezifikationen für das Radprofil zugelassen wird.

Wenn das zu untersuchende Fahrzeug nicht nur zur Prüfstelle gefahren wurde, sondern bereits für eine gewisse Entfernung in Betrieb war, ist es erforderlich, dass der Spurkranzflankenwinkel des Radprofils oder der Kontaktwinkel während eines theoretischen Aufkletterns $\leq 71^\circ$ beträgt. Falls der Spurkranzflankenwinkel oberhalb dieses Wertes liegt, kann die Prüfung unter den unter 6.1.5.1.6 angegebenen Bedingungen als gültig angesehen werden. Die für die Prüfung verwendeten Radprofile müssen zu Beginn dieser Prüfungen gemessen und im Prüfbericht dokumentiert werden.

Es ist nicht notwendig, die Radprofile während der Prüfung zu erneuern. Die Messung der Spurkranzflankenwinkel vor dem Beginn der Prüfung ist ausreichend.

6.1.5.1.5 Messungen

Die folgenden Werte müssen gemessen werden:

- Querkräfte an den inneren und äußeren Rädern des zu untersuchenden Radsatzes Y_i, Y_a ;
- Radaufstandskräfte an den inneren und äußeren Rädern des zu untersuchenden Radsatzes Q_i, Q_a ;
- Anlaufwinkel eines führenden Radsatzes α (siehe 6.1.3);
- Radanhebung $\Delta z = (z - z_0)$ des führenden Rades des zu untersuchenden Radsatzes.

Der Bezugswert z_0 wird mittels eines Radsatzes auf geradem Gleis ermittelt. A1 gestrichener Text A1 Kräfte müssen entweder durch

- geeignete Messeinrichtungen an den Schienen oder
- geeignete Messeinrichtungen an den Fahrzeugen

gemessen werden.

Im Fall von Schienenmessungen müssen die Messstellen die folgenden Bedingungen erfüllen, wie in Bild 4 dargestellt:

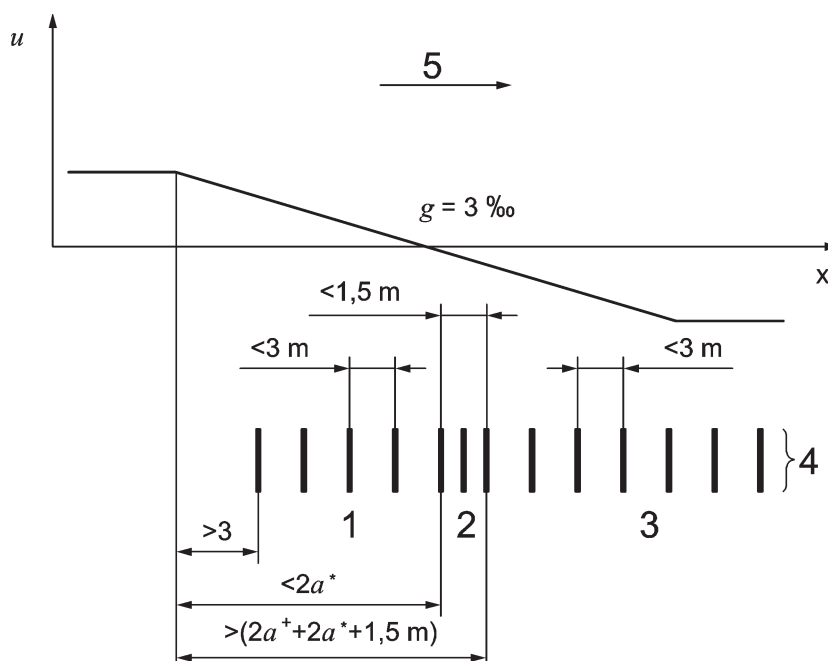
- Messstellen müssen innerhalb des verwundenen Teils des Versuchsgleises liegen;
- in Bereich 2, wo die Gleisverwindung als erstes das gesamte Fahrzeug beeinflusst, darf der Abstand zwischen zwei Messstellen nicht größer als 1,5 m sein;
- in den anderen Bereichen des verwundenen Gleises darf der Abstand zwischen zwei Messstellen nicht größer als 3 m sein.

ANMERKUNG Für das Prüfen von Gelenkfahrzeugen ist es sinnvoll, Bereich 2 in Richtung des Endes des verwundenen Abschnittes zu erweitern, um auch den Bereich abzudecken, in dem die maximale Radentlastung auftritt.

Für jede Messstelle muss der Wert des führenden Radsatzes für $(Y/Q)_a$ aufgezeichnet werden. Radanhebungen des äußeren Rades des führenden Radsatzes Δz müssen fortlaufend aufgezeichnet werden.

Um die Reibungsverhältnisse zu bestimmen, müssen $(Y/Q)_i$ und α als Mittelwerte aller Messstellen oder eines fortlaufend aufgezeichneten Signals ausgewertet werden.

Falls eine fahrzeugseitige Messung durchgeführt wird, muss die Verarbeitung der Messsignale in Analogie zu den vorstehenden Bedingungen durchgeführt werden.



Legende

1	Bereich 1	3	Bereich 3	5	Fahrtrichtung	x	Gleiskoordinate
2	Bereich 2	4	Messstellen	u	Überhöhung		

Bild 4 — Gleisbasierte Messstellen, die im Verfahren 1 in verwundenen Gleisbögen zu verwenden sind

6.1.5.1.6 Beurteilung

Die Beurteilung wird mit dem Maximalwert $\Delta z_{\max}$ der Radanhebung des äußeren Rades des zu untersuchenden Radsatzes durchgeführt. Der Grenzwert ist $\Delta z_{\max} \leq \Delta z_{\lim} = 5 \text{ mm}$, der bei drei getrennten Prüfungen eingehalten werden muss.

Dieser Grenzwert wurde für typische Kombinationen von Rad- und Schienenprofilen festgelegt, wie z. B. S1002 nach EN 13715 und 49E1, 54E1 oder 50E6 nach EN 13674-1. Bei anderen Profilen kann dieser Wert angepasst werden, falls der Berührungspunkt erst bei Radanhebungen von mehr als 5 mm den Teil des Spurkranzes erreicht, der einen Winkel von 70° aufweist.

Drei erfolgreiche Prüfungen sind nicht notwendigerweise aufeinanderfolgende Prüfdurchläufe. Das Fahrzeug ist gleichwohl abzulehnen, wenn trotz gültiger Prüfbedingungen zwei aufeinanderfolgende Prüfungen nicht erfolgreich sind.

Wenn der Spurkranzflankenwinkel oberhalb des unter 6.1.5.1.4 festgelegten Wertes liegt, ist der Prüfdurchlauf als erfolgreich anzusehen, wenn die folgenden beiden Bedingungen erfüllt sind:

- $\Delta z_{\max} \leq \Delta z_{\lim} = 5 \text{ mm}$;
- $(Y/Q)_{a,\max} \leq (Y/Q)_{a,\lim} = 1,2$.

Falls die Radanhebung oberhalb des Grenzwertes liegt, ist zusätzlich $(Y/Q)_a$ an der Außenschiene zu überprüfen. Falls $(Y/Q)_a$ unterhalb des Wertes 1,12 liegt (Wert, der einem Reibungsbeiwert von 0,4 und einem Spurkranzflankenwinkel von 70° entspricht), ist die Prüfung zu wiederholen.

ANMERKUNG Falls bei niedrigen Werten für $(Y/Q)_a$ eine Radanhebung auftritt, ist dies ein Anzeichen für eine übermäßige Reibung an der Außenschiene.

6.1.5.1.7 Prüfbericht

Zusätzlich zur allgemeinen Dokumentation nach 5.5 für jede Prüfbedingung, die Teil des Prüfprogramms war, sind folgende Details aufzunehmen:

- die tatsächlichen Eigenschaften des Versuchsgleises zur Zeit der Prüfung, einschließlich eines Verweises auf die in 6.1.5.1.3 genannten Eigenschaften;
- verwendete Beilagen, wie in 6.1.5.1.2 und 6.1.5.1.4 festgelegt;
- Geschwindigkeit beim Durchfahren des Versuchsgleises;
- Y/Q für die Innen- und Außenschienen an allen Messstellen;
- Maximalwert von Δz .

6.1.5.1.8 Versuchsbefreiung

Basierend auf den Prüfergebnissen eines Referenzfahrzeugs (siehe 3.16) ist eine Befreiung von der Prüfung zulässig, wenn:

- der Einfluss der Änderungen am Fahrzeug im Vergleich zum Referenzfahrzeug nachgewiesen ist und zeigt, dass die Akzeptanzkriterien nicht verletzt werden;

oder wenn:

- eine Berechnung der Führungs- und Radaufstandskräfte des Referenzfahrzeugs unter den Prüfbedingungen des Verfahrens 1, verglichen mit den Messergebnissen, vertrauenswürdige Ergebnisse liefert; und
- Berechnungen für das Referenzfahrzeug und das zu untersuchende Fahrzeug unter den Prüfbedingungen des Verfahrens 2 durchgeführt wurden, um den Einfluss der Parameteränderungen zu quantifizieren; und
- das berechnete Ergebnis für $(Y/Q)_a$ des zu untersuchenden Fahrzeugs unter den Prüfbedingungen von Verfahren 2 (siehe 6.1.5.2) 10 % unterhalb des Grenzwertes bleiben (im Notfederbetrieb sind die 10 % Abstand vom Grenzwert nicht gefordert); und
- das berechnete Ergebnis des zu untersuchenden Fahrzeugs nach den Prüfbedingungen des Verfahrens 2 um nicht mehr als 1/3 des Abstandes zwischen dem berechneten Ergebnis des Referenzfahrzeugs und dem Grenzwert ansteigt.

6.1.5.2 Verfahren 2: Prüfung auf dem Verwindeprüfstand und im ebenen Versuchsgleis

6.1.5.2.1 Allgemeines

Im Verfahren 2 wird das Risiko des Aufkletterns eines Spurkranzes durch das Verhältnis der horizontalen Führungskraft Y und der Radaufstandskraft Q beurteilt. Die Beurteilung wird in zwei Schritten durchgeführt:

- 1) Die Messung der Verminderung der Radaufstandskraft Q_a auf einem Prüfstand, der ein verwundenes Gleis simuliert.
- 2) Die Messung der Führungskraft Y_a auf einem geeigneten Versuchsgleis.

Die Berechnung des Verhältnisses $(Y/Q)_a$ basiert auf den Versuchsergebnissen.

6.1.5.2.2 Messung der Verminderung der Radaufstandskraft

6.1.5.2.2.1 Allgemeines

Es muss ein geeigneter Prüfstand verwendet werden, der zumindest die Stützpunkte der beiden Radsätze eines Drehgestells anheben und/oder senken kann. Damit kann die Gleisverwindung über den Radsatzabstand im Drehgestell sowie über den Drehgestellmittenabstand nachgebildet werden.

6.1.5.2.2.2 Versuchsbedingungen

Folgende Verwindungen müssen auf dem Prüfstand umgesetzt werden:

- Für die Drehgestellprüfverwindung:

$$g_{\text{lim}}^+ = 7 - \frac{5}{2a^+} \quad \text{wenn } 2a^+ < 4 \text{ m}$$

$$g_{\text{lim}}^+ = \frac{15}{2a^+} + 2,0 \quad \text{wenn } 2a^+ \geq 4 \text{ m}$$

Dabei ist $2a^+$ der Radsatzabstand im Drehgestell in m und g_{lim}^+ in ‰.

— Für die Fahrzeugkastenprüfverwindung:

$$\begin{aligned} g_{\text{lim}}^* &= 7 - \frac{5}{2a} && \text{wenn } 2a < 4 \text{ m} \\ g_{\text{lim}}^* &= \frac{15}{2a} + 2,0 && \text{wenn } 4 \text{ m} \leq 2a \leq 20 \text{ m} \\ g_{\text{lim}}^* &= 3 - \frac{5}{2a} && \text{wenn } 20 \text{ m} < 2a \leq 30 \text{ m} \\ g_{\text{lim}}^* &= \frac{85}{2a} && \text{wenn } 2a > 30 \text{ m} \end{aligned}$$

Dabei ist $2a$ die Längsbasis des Fahrzeugs in m (Drehgestellmittenabstand bei einem Einzelfahrzeug mit Drehgestellen oder Abstand der Radsätze bei Fahrzeugen ohne Drehgestelle) und g_{lim}^* in ‰.

Bei Drehgestellfahrzeugen müssen die Verwindungen über den Radsatzabstand im Drehgestell $2a^+$ und über den Drehgestellmittenabstand $2a$ kombiniert werden (siehe in Bild 1). Diese Kombination kann im Rahmen eines Versuchs (wie in A.9.3 beschrieben) oder durch Berechnung unter Verwendung getrennt ermittelter Versuchsergebnisse (wie in A.9.4 beschrieben) erfolgen.

6.1.5.2.2.3 Messungen

Die Verschiebungen der Räder müssen während des Verwindeversuchs kontinuierlich gemessen werden. Zusätzlich sind die Radaufstandskräfte Q_{jk} aller Räder durch geeignete Messgeräte zu erfassen.

Beim Versuch auf dem Prüfstand werden die folgenden Fahrzeugwerte ermittelt:

- $\overline{Q_{F0j}}$ durchschnittliche Radaufstandskraft für jeden Radsatz auf ebenem Gleis (Verwindung $g = 0$);
- ΔQ_{jk} Radaufstandskraftabweichung von $\overline{Q_{F0j}}$ aufgrund der kombinierten Drehgestell- und Fahrzeugverwindung sowie der Exzentrizität des Schwerpunkts, einschließlich Reibung und Toleranzen;
- $Q_{jk,\text{min}}$ minimale Radaufstandskraft aufgrund der kombinierten Drehgestell- und Fahrzeugverwindung sowie der Exzentrizität des Schwerpunkts, einschließlich Reibung und Toleranzen (siehe A.9.4.4).

A.8 und A.9 beinhalten Anleitungen für Versuche und Auswertung.

6.1.5.2.3 Messung der Führungskraft

6.1.5.2.3.1 Allgemeines

Die Führungskräfte der äußeren Räder werden in einem ebenen Gleisbogen ermittelt.

6.1.5.2.3.2 Versuchsbedingungen

Die Versuche müssen auf einem Versuchsgleis mit folgenden Eigenschaften durchgeführt werden:

- ebener Bogen (ohne Verwindung und Überhöhung);
- Nennbogenradius $R = 150 \text{ m}$;
- kein Übergangsbogen zwischen geradem und gebogenem Gleis;
- Nennspurweite im Bereich zwischen 1 440 mm und 1 465 mm; entlang des Versuchsgleises sind Abweichungen von $\pm 5 \text{ mm}$ vom Nennwert zulässig;

- das Versuchsgleis darf bezüglich Längshöhe und Richtung die folgende Toleranz zwischen Mittel- und Spitzenwert nicht überschreiten: 10 mm;
- plötzliche Änderungen von Berührgeometrie, Spurweite und Krümmung innerhalb der Toleranzen müssen innerhalb des Prüfbereichs vermieden werden. Falls plötzliche Änderungen von Berührgeometrie, Spurweite und Krümmung zusammen mit Reibungsbeiwerten an der oberen Grenze des zulässigen Bereichs einbezogen werden, kann die Prüfung zu streng ausfallen; in diesem Fall darf sie wiederholt werden.

Fahrtrichtung und Krümmungsrichtung müssen so gewählt werden, dass das Rad mit der geringsten Radaufstandskraft eines außen liegenden Radsatzes in führender Position auf der Außenschiene des Bogens läuft. Das kann das zusätzliche Einbringen von Beilagen in die Federung einschließen.

Die Prüfbedingungen, die den Zustand der Schiene betreffen, müssen, wie in 6.1.3 beschrieben, erfüllt werden (trockene Schienenbedingungen).

Der Einfluss von Längskräften im Zugverband muss minimiert werden. Das Fahrzeug darf nicht gebremst werden. Die Geschwindigkeit muss konstant sein und darf 10 km/h nicht überschreiten.

Der Versuch muss mindestens dreimal wiederholt werden.

6.1.5.2.3.3 Messungen

Die Kräfte können gemessen werden durch:

- geeignete Messeinrichtungen an den Schienen oder
- geeignete Messeinrichtungen an den Fahrzeugen.

Folgende Werte sind zu messen:

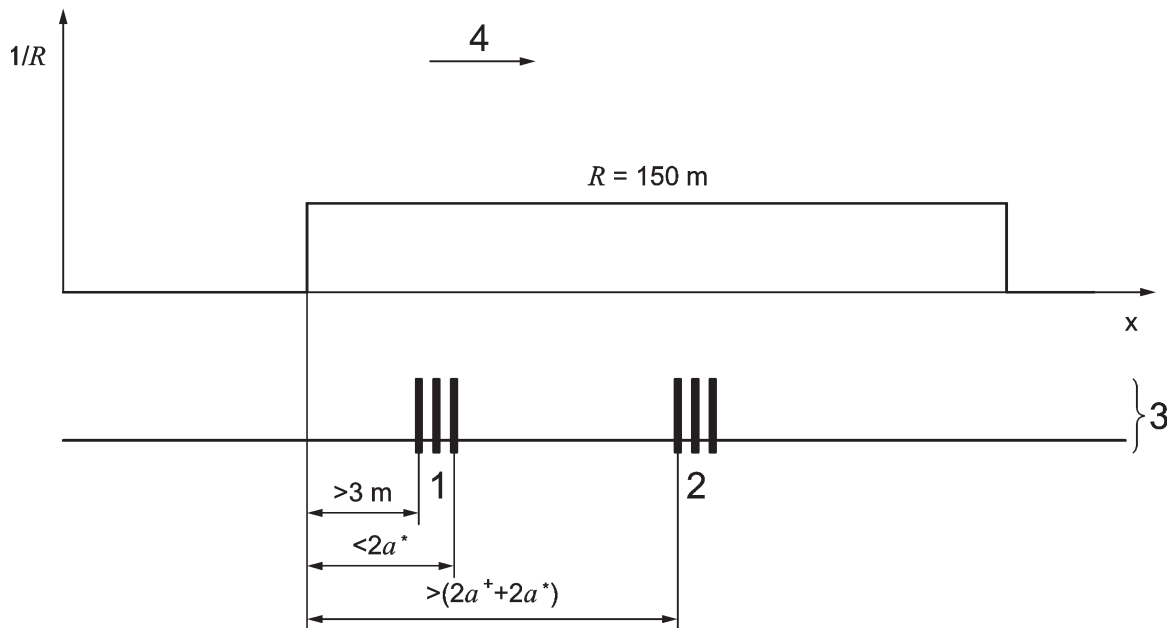
- Querkräfte an den inneren und äußeren Rädern des zu untersuchenden Radsatzes Y_i , Y_a ;
- Radaufstandskraft an den inneren Rädern des zu prüfenden Radsatzes Q_i ;
- Anlaufwinkel des führenden Radsatzes α (siehe 6.1.3);
- zusätzlich die Radaufstandskraft des äußeren Rades Q_a , falls die Ergebnisse für einen Vergleich von Berechnung und Messung verwendet werden.

Im Fall von Messungen an den Schienen müssen die Messstellen die folgenden Bedingungen erfüllen:

- mindestens 3 Messstellen müssen sich in Bereich 1 am Beginn des Bogenbereichs zwischen 3 m und bis zu $2a^*$ vom Bogenanfang entfernt befinden. Dies stellt sicher, dass zwischen Fahrzeugkasten und Drehgestell immer noch eine Ausdrehbewegung stattfindet;
- mindestens 3 Messstellen müssen in Bereich 2 liegen, in einem Bogenbereich, in dem der Winkel um die vertikale Achse zwischen Drehgestell und Fahrzeugkasten konstant bleibt.

ANMERKUNG Für das Untersuchen von Zwischendrehgestellen bei Gelenkfahrzeugen kann es notwendig sein, auch die Führungskräfte am Bogenausgang zu berücksichtigen. In diesem Fall kann entweder der Bogenausgang auf dieselbe Weise wie Bereich 1 instrumentiert oder das Fahrzeug auch in entgegengesetzter Richtung gefahren werden.

Bild 5 zeigt ein Beispiel für Messstellen in einem 150 m Bogenradius.



Legende

- | | | | |
|---|-------------|-----|-----------------|
| 1 | Bereich 1 | 4 | Fahrtrichtung |
| 2 | Bereich 2 | 1/R | Krümmung |
| 3 | Messstellen | x | Gleiskoordinate |

Bild 5 — Gleisbasierte Messstellen zur Bestimmung von Y und Q in einem ebenen Bogen

Für jede Messstelle müssen die Werte für $Y_{j,a}$ und $Y_{j,i}$ des zu untersuchenden Radsatzes j aufgezeichnet werden. Die Mittelwerte $Y_{j,a,mean}$ und $Y_{j,i,mean}$ der Messstellen sind für die Bereiche 1 und 2 getrennt zu ermitteln. Die Beurteilung findet unter Verwendung des höheren dieser beiden Mittelwerte statt.

Bei der Bestimmung von Y_i muss die Richtung der Kraft berücksichtigt werden (in den meisten Fällen entgegengesetzt zu Y_a).

Um die Reibungsverhältnisse zu bestimmen, müssen $(Y/Q)_i$ und α als Mittelwerte aller Messpositionen oder eines fortlaufend aufgezeichneten Signals ausgewertet werden.

Falls eine fahrzeugseitige Messung durchgeführt wurde, müssen die Ergebnisse äquivalent zu den vorstehenden Bedingungen analysiert werden.

6.1.5.2.4 Beurteilung

Eine Analyse zur Sicherheit gegen Entgleisen muss für die zu untersuchenden Radsätze des Fahrzeugs durchgeführt werden. Die folgenden Gleichungen müssen für jeden zu untersuchenden Radsatz ausgewertet werden:

$$\left(\frac{Y}{Q}\right)_{j,a} = \frac{Y_{j,a,mean}}{Q_{jk,min} + \Delta Q_{j,H}}$$

Dabei ist

- $Y_{j,a,\text{mean}}$ der höhere der beiden für die Bereiche 1 und 2 ermittelten Mittelwerte der Führungskraft in Querrichtung aus den in 6.1.5.2.3.3 beschriebenen Versuchen;
- $Q_{jk,\text{min}}$ die minimale Radaufstandskraft aus dem in 6.1.5.2.2.3 beschriebenen Verwindeversuch (siehe auch A.9.4.4);
- $\Delta Q_{j,H}$ die Änderung der Radaufstandskraft aufgrund des Moments der Summe der Querkkräfte an den Rädern: $\Delta Q_{j,H} = (Y_{j,a} + Y_{j,i}) \frac{h}{2b_A}$.

Dabei ist

- h die wirksame Höhe der Primärquerfederung über der Schienenoberkante;
- $2b_A$ der Abstand der Radaufstandspunkte in Querrichtung (normalerweise 1 500 mm).

Ein Fahrzeug wird als sicher gegen Entgleisen betrachtet, wenn die Bedingung

$$(Y/Q)_{j,a} \leq 1,2$$

für einen Spurkranzflankenwinkel von 70° erfüllt ist (dies entspricht $\mu = 0,36$ aus A.2).

Bei kleineren Spurkranzflankenwinkeln β wird der Grenzwert wie folgt berechnet:

$$\left(\frac{Y}{Q}\right)_{a,\text{lim}} = \frac{\tan \beta - 0,36}{1 + 0,36 \cdot \tan \beta}$$

A.2 enthält einige Hintergrundinformationen zur Beurteilungsgröße $(Y/Q)_a$ und zum Grenzwert.

ANMERKUNG Der Grenzwert $(Y/Q)_{\text{lim}} = 1,2$ für einen Spurkranzflankenwinkel von 70° basiert auf statistischen Untersuchungen, die in ORE B55 [6] beschrieben sind. Er ist identisch mit Nadals Kriterium für einen Spurkranzflankenwinkel von 70° und einem Rad-Schiene-Reibungsbeiwert von 0,36. Trotz der Tatsache, dass dieser Grenzwert nicht von der Nadal-Formel abgeleitet wurde und der Reibungsbeiwert zwischen Rad und Schiene während der Versuche nach 6.1.3 höher sein sollte als 0,36, ist die Nadal-Formel als physikalischer Zusammenhang von Spurkranzflankenwinkel, Rad-Schiene-Reibungsbeiwert und Grenzwert zur Sicherheit gegen Entgleisen durch Aufklettern eines Rades anerkannt. Daher wird die Nadal-Formel hier zur Neuberechnung des Grenzwertes für Spurkranzflankenwinkel kleiner als 70° verwendet. Der Wert des Rad-Schiene-Reibungsbeiwerts von 0,36, der für diese Neuberechnung des Grenzwertes verwendet wird, stellt jedoch nicht den realen Reibungsbeiwert während der Versuche dar. Infolgedessen ist die vorstehende Formel nicht der Grenzwert nach Nadal, wie oft in Messungen und Berechnungen verwendet, sondern nur eine Umrechnungsformel, um den Grenzwert nach ORE B55 für Spurkranzflankenwinkel kleiner als 70° anzupassen.

6.1.5.2.5 Prüfbericht

Zusätzlich zur allgemeinen Dokumentation nach 5.5 müssen für beide Prüfschritte und jede Prüfbedingung, die Teil des Prüfprogrammes war, folgende Details dokumentiert werden:

- für jede nach 6.1.5.2.2.2 ausgeführte Versuchsbedingung Einzelheiten zur aufgebrauchten Verwindung;
- für jede nach 6.1.5.2.3.2 ausgeführte Versuchsbedingung Einzelheiten zum Gleisbogen;
- Beilagen, falls verwendet;
- Geschwindigkeit beim Durchfahren des Messgleisbogens;

- Y/Q für Innen- und falls verfügbar auch für Außenschienen im Messgleisbogen;
- für jede ausgeführte Versuchsbedingung die Messergebnisse nach 6.1.5.2.2.3 (Radaufstandskraft und Verwindung auf dem Prüfstand);
- für jede ausgeführte Versuchsbedingung die Messergebnisse nach 6.1.5.2.3.3 (Kräfte in ebenen Bögen).

6.1.5.2.6 Versuchsbefreiung

Basierend auf den Prüfergebnissen eines Referenzfahrzeugs (siehe 3.16) ist eine Befreiung von der Prüfung möglich, wenn:

- der Einfluss der Änderungen am Fahrzeug im Vergleich zum Referenzfahrzeug nachgewiesen ist und zeigt, dass die Akzeptanzkriterien nicht verletzt werden;

oder wenn:

- eine Berechnung der Sicherheit gegen Entgleisen für das Referenzfahrzeug im Vergleich zu den Messergebnissen vertrauenswürdige Ergebnisse liefert, und
- unter Anwendung derselben Berechnungsmethode die berechneten Ergebnisse $(Y/Q)_a$ des zu untersuchenden Fahrzeugs 10 % unterhalb des Grenzwertes bleiben (im Notfederbetrieb sind die 10 % Abstand vom Grenzwert nicht gefordert); und
- das berechnete Ergebnis $(Y/Q)_a$ um nicht mehr als 1/3 des Abstandes zwischen dem Versuchsergebnis und dem Grenzwert ansteigt.

6.1.5.3 Verfahren 3: Prüfung auf Verwindeprüfstand und Ausdrehprüfstand

6.1.5.3.1 Allgemeines

Das Risiko des Aufkletterns eines Spurkranzes wird in einem oder zwei Schritten beurteilt.

In Schritt 1 werden zwei Versuche durchgeführt:

- 1) Messung der Verminderung der Radaufstandskraft Q_a auf einem Prüfstand, der ein verwundenes Gleis simuliert.
- 2) Messung des Drehgestell-Ausdrehwiderstands, der erzeugt wird, wenn das Fahrzeug den kleinsten Gleisbogenradius durchfährt, für den das Fahrzeug konstruiert wurde.

Wenn es nicht möglich ist, ein akzeptables Verhalten in Schritt 1 nachzuweisen, dürfen in Schritt 2 validierte Computersimulationen nach Anhang B verwendet werden. Schritt 2 kann nicht angewandt werden, solange die Prüfungen aus Schritt 1 nicht durchgeführt wurden. Die Ergebnisse aus Schritt 1 werden verwendet, um die in Schritt 2 durchgeführten Untersuchungen zu validieren. Falls der Nachweis nach Schritt 2 auch misslingt, muss entweder Verfahren 1 oder Verfahren 2 angewandt werden.

Verfahren 3 darf nur unter folgenden Bedingungen angewandt werden:

- Fahrzeuge mit konventioneller Technologie, wie unter 3.14 festgelegt und
- entweder Fahrzeuge mit zwei Drehgestellen mit zwei Radsätzen je Fahrzeugkasten oder Gelenkfahrzeuge mit Drehgestellen mit zwei Radsätzen, unter der Bedingung, dass der Prüfstand eine ausreichende Anzahl von Fahrzeugkästen aufnehmen kann, um verlässliche Ergebnisse zu erzielen, und
- Spurkranzflankenwinkel der Räder zwischen 68° und 70°.

6.1.5.3.2 Messung der Verminderung der Radaufstandskraft

6.1.5.3.2.1 Allgemeines

Es muss ein geeigneter Prüfstand verwendet werden, der mindestens die Stützpunkte der beiden Radsätze eines Drehgestells anheben und/oder absenken kann. Damit kann die Gleisverwindung über den Radsatzabstand im Drehgestell sowie über den Drehgestellmittenabstand nachgebildet werden.

6.1.5.3.2.2 Versuchsbedingungen

Folgende Verwindungen müssen auf dem Prüfstand umgesetzt werden:

— Für die Drehgestellprüfverwindung:

$$g_{\text{lim}}^+ = 6,67 \quad \text{wenn } 2a^+ < 5,45 \text{ m und}$$

$$g_{\text{lim}}^+ = \frac{20}{2a^+} + 3,0 \quad \text{wenn } 2a^+ \geq 5,45 \text{ m}$$

Dabei ist $2a^+$ der Radsatzabstand im Drehgestell in m und g_{lim}^+ in ‰.

— Für die Fahrzeugkastenprüfverwindung:

$$g_{\text{lim}}^* = \frac{20}{2a^*} + 3,0$$

Dabei ist $2a^*$ die Längsbasis des Fahrzeugs (Drehgestellmittenabstand) in m und g_{lim}^* in ‰.

Die Versuche müssen, wie in Bild 1 dargestellt und in A.9.3 beschrieben, als kombinierte Verwindeversuche für Fahrzeugkasten und Drehgestell durchgeführt werden.

ANMERKUNG Diese Art von Versuchen entspricht dem in Verfahren 2 durchgeführten Versuch, die Verwindungsbedingungen weichen jedoch ab.

Es ist zulässig, im Versuch die Räder ausschließlich anzuheben, anstatt sie auch abzusenken, sofern die definierten Verwindungen auf Drehgestell und Fahrzeugkasten aufgebracht werden.

6.1.5.3.2.3 Messungen

Während des Verwindeversuchs müssen die Verschiebungen der Räder kontinuierlich gemessen werden. Außerdem müssen die Radaufstandskräfte Q_{jk} der Räder, die die höchste prozentuale Radentlastung erfahren, mit Hilfe geeigneter Messeinrichtungen ermittelt werden.

6.1.5.3.3 Messung des Ausdrehwiderstandes

6.1.5.3.3.1 Allgemeines

Der in diesem Abschnitt beschriebene Versuch dient dazu, das Ausdrehmoment zwischen Fahrzeugkasten und Drehgestell zu ermitteln, welches bei der Durchfahrt des Fahrzeugs durch Gleisbögen entsteht.

6.1.5.3.3.2 Versuchsbedingungen

Die Versuche müssen auf einem Prüfstand durchgeführt werden, der geeignet ist, das zum Drehen des Drehgestells bis zum maximalen Ausdrehwinkel zwischen Fahrzeugkasten und Drehgestell erforderliche Drehmoment zu bestimmen. Die Eigenschaften des Prüfstandes einschließlich seines Reibungsverhaltens sollten berücksichtigt werden.

Die Versuche müssen in beide Ausdrehrichtungen durchgeführt werden, mindestens bis zu einem Ausdrehwinkel zwischen Fahrzeugkasten und Drehgestell von

$$\Delta\psi_{\text{test}}^* = \frac{2a^*}{2 \cdot R_{\min}} + \frac{0,020}{2a^*}$$

ANMERKUNG 1 Die Gleichung beinhaltet eine Differenz der Querverschiebungen der Radsätze im Gleis von 20 mm aufgrund des Spurspiels, zusätzlich zu dem Ausdrehwinkel, der durch den für das Fahrzeug festgelegten Mindestbogenradius $R_{\min}$ bestimmt wird.

Die Prüfung muss über den Ausdrehwinkel Null hinaus fortgesetzt werden, so dass die Hystereseschleife geschlossen werden kann.

Eine mittlere Ausdrehgeschwindigkeit von $1^\circ/\text{s}$ muss über mindestens $\pm 75\%$ des gesamten Ausdrehwinkels erreicht werden.

ANMERKUNG 2 Es ist möglich, höhere Ausdrehgeschwindigkeiten als diesen Wert zu erreichen. Dies geschieht bei kleineren Ausdrehwinkeln. Eine Kombination aus maximalem Ausdrehwinkel und maximaler Ausdrehgeschwindigkeit wird als unrealistisch angesehen.

Bei Fahrzeugen mit Luftfedern müssen die Prüfungen in Luft- und Notfederbetrieb durchgeführt werden.

6.1.5.3.3 Messungen

Der Ausdrehwinkel zwischen Fahrzeugkasten und Drehgestell $\Delta\psi^*$ und das zum Drehen des Drehgestells erforderliche Ausdrehmoment M_z müssen fortlaufend gemessen und in einem Diagramm $M_z = f(\Delta\psi^*)$ aufgezeichnet werden. Bild 6 zeigt ein Beispiel für ein Drehgestell-Ausdrehdiagramm.

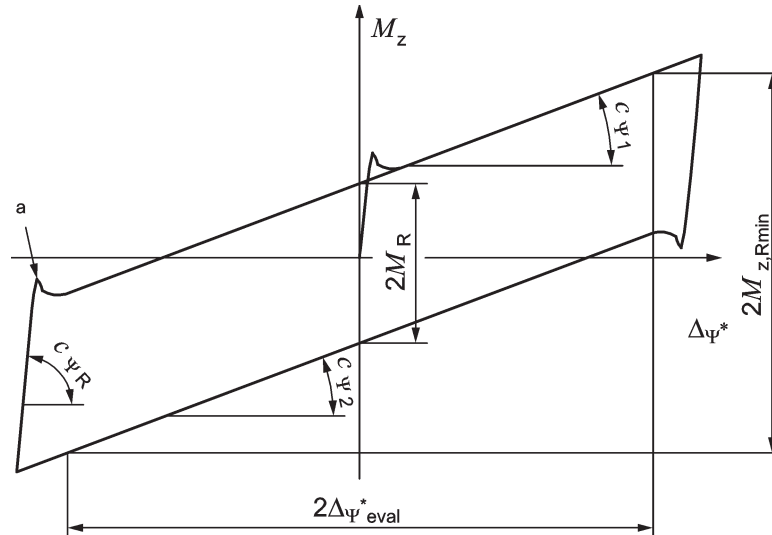


Bild 6 — Drehgestell-Ausdrehdiagramm

M_R ist die Amplitude der Ausdrehhysterese und ergibt sich aus Reibung und Dämpfung im System.

Die mittlere Steigung

$$c_{\psi} = \frac{c_{\psi 1} + c_{\psi 2}}{2}$$

ist die Ausdrehsteifigkeit der Sekundärfederung. Wenn die Drehung des Drehgestells über Gleitplatten zwischen Fahrzeugkasten und Drehgestell erfolgt, dann wird c_{ψ} zu Null.

Die serielle Steifigkeit $c_{\psi R}$ des Reibungs- oder Dämpfungselements kann für das Verständnis des dynamischen Verhaltens des Fahrzeugs maßgeblich sein.

Die Einzelheit „a“ in Bild 6 kann durch die Prüfstandseigenschaften (Trägheiten von Prüfstand und Drehgestell) entstehen und ist zu vernachlässigen.

6.1.5.3.4 Bewertung

Die Ergebnisse für Schritt 1 müssen ermittelt werden. Beide Akzeptanzkriterien müssen gleichermaßen erfüllt werden.

Eine Analyse des Federungsverhaltens beim Durchfahren verwundener Gleise (siehe 6.1.5.3.2) muss für jedes Rad der Endradsätze des Fahrzeuges unter Verwendung des Radentlastungsfaktors $\Delta Q/Q_0$ durchgeführt werden.

Dabei ist

$\langle A_1 \rangle Q_{F0}$ die mittlere Radaufstandskraft des untersuchten Radsatzes auf ebenem Gleis (Verwindung $g^0 = 0$);

ΔQ die Abweichung von $\langle A_1 \rangle Q_{F0}$ bei maximaler Verwindung.

Das folgende Kriterium muss erfüllt werden:

$\langle A_1 \rangle$

$$\frac{\Delta Q}{Q_{F0}} \leq 0,6 \langle A_1 \rangle$$

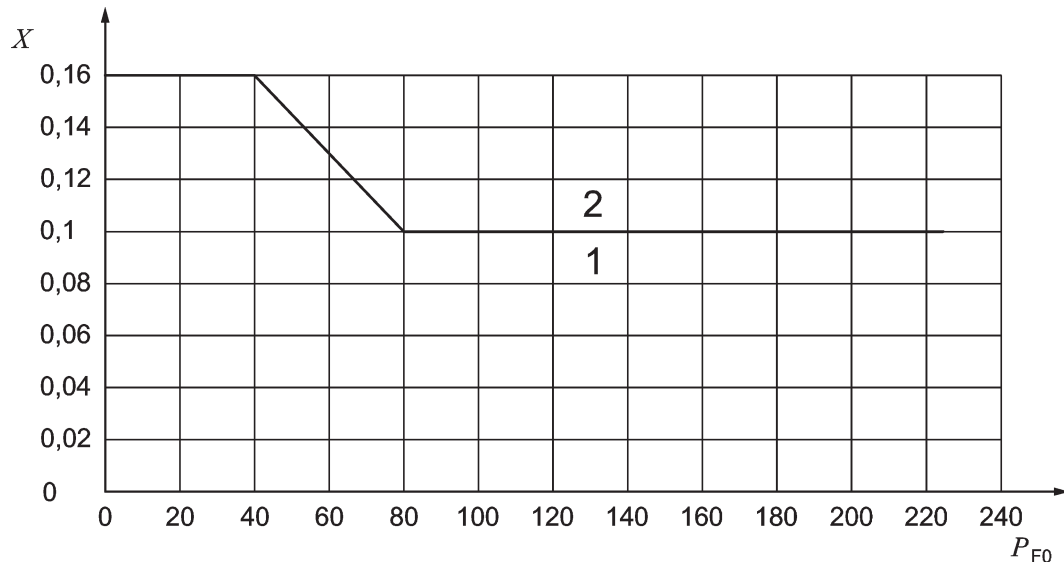
Auf Grundlage der Messergebnisse für den Ausdrehwiderstand des Drehgestells in kleinen Bogenradien (siehe 6.1.5.3.3) muss der X-Faktor des Drehgestells durch folgende Gleichung berechnet werden:

$$X = \frac{M_{z,Rmin}}{2a^+ P_{F0}}$$

Dabei ist

$M_{z,Rmin}$ das zum Ausdrehen des Drehgestells relativ zum Fahrzeugkasten erforderliche Ausdrehmoment (ausgenommen Spurspiel), ermittelt für:

$$\Delta\psi_{eval}^* = a^*/R_{min}$$



Legende

- 1 zulässig
- 2 nicht zulässig
- X 'X'-Faktor
- P_{F0} nominale statische Radsatzaufstandskraft in kN

Bild 7 — Maximal zulässiger X-Faktor für Güterwagen

Das folgende Kriterium ist einzuhalten:

$X \leq 0,1$ für Reisezugwagen und Lokomotiven, für Güterwagen muss das Kriterium unterhalb der in Bild 7 dargestellten Grenze liegen.

6.1.5.3.5 Bericht

Wenn das Fahrzeug Schritt 1 erfolgreich bestanden hat, muss der Bericht zusätzlich zur allgemeinen Dokumentation nach 5.5 für beide Versuche Folgendes enthalten:

- Einzelheiten zu jeder Prüfbedingung, die Teil des Prüfprogrammes war, einschließlich der in 6.1.5.3.2 (Verwindeversuch) und in 6.1.5.3.3 (Drehgestell-Ausdrehversuch) aufgeführten Punkte;
- Messergebnisse zu jeder Prüfbedingung, die Teil des Prüfprogrammes nach 6.1.5.3.2.3 (Verwindeversuch) und 6.1.5.3.3.3 (Drehgestell-Ausdrehversuch) war.

Für den Fall, dass Schritt 1 nicht bestanden wurde, steht Schritt 2 zur Verfügung. In diesem Fall muss zusätzlich Folgendes dokumentiert werden:

- die Anforderungen nach B.1;
- die simulierten Gleisbedingungen nach B.3;
- die Bedingungen nach B.4;
- die Anforderungen an das Ergebnis nach B.5.

6.2 Sicherheit gegen Entgleisen unter Längsdruckkräften in S-Bögen

Es ist bekannt, dass Längskräfte innerhalb von Zügen das Potential haben, das Risiko einer Entgleisung zu erhöhen, wenn S-Bögen befahren werden. Das Risiko gilt bei konventionellen Zügen als gering, bei bestimmten Güterwagen und bestimmten Arten des Zugbetriebs kann das Risiko jedoch höher sein. Im Fall gefährdeter Güterwagen, die in den Anwendungsbereich von EN 15839 fallen, ist die in EN 15839 festgelegte Verfahrensweise anzuwenden. Im Fall von Sonderfahrzeugen legt EN 14033-1 Bedingungen für eine Befreiung von EN 15839 fest. Bei der Entwicklung nicht-konventioneller Konfigurationen sollte dieses Risiko dennoch berücksichtigt werden.

6.3 Ermittlung des Verwindekoeffizienten eines Fahrzeugkastens

Der Verwindekoeffizient eines Fahrzeugkastens ist nur zu bestimmen, wenn er im Rahmen der Beurteilung nach 6.1 oder 6.2 oder zum Zweck einer Modellvalidierung benötigt wird.

Der Verwindekoeffizient c_t^* ist ein grundlegender Fahrzeugparameter bezüglich der Sicherheit gegen Entgleisen unter Längsdruckkräften, der zusammen mit dem Federungssystem zugleich die Sicherheit gegen Entgleisen in Gleisverwindungen beeinflusst. Er wird durch die folgende Gleichung definiert:

$$c_t^* = M_t / \left(\frac{\vartheta}{l} \right) = (M_t / \vartheta) \cdot l \quad (1)$$

Dabei ist

M_t das Drehmoment;

ϑ der Drehwinkel;

l der Längsabstand zwischen den Auflagern.

Zur Bestimmung des Verwindekoeffizienten eines Fahrzeugkastens können verschiedene Prüfverfahren verwendet werden. Verfahren sind im informativen Anhang C angegeben.

ANMERKUNG Der Verwindekoeffizient eines Drehgestellrahmens c_t^+ ist auf die gleiche Art und Weise definiert.

6.4 Bestimmung der Verlagerungseigenschaften

Die Bestimmung der Verlagerungseigenschaften bezieht sich auf die Anforderungen der Normenreihe EN 15273 und ist als informativer Anhang D in dieser Norm enthalten.

6.5 Beanspruchung der abzweigenden Weichenzunge

Diese Norm legt keinerlei Anforderungen für die Beurteilung des Fahrzeugverhaltens in Weichen und Kreuzungen fest. Sollte es eine nationale Anforderung bezüglich der Beurteilung des Fahrzeugverhaltens in Weichen und Kreuzungen geben, enthält der informative Anhang F eine Methodik und zugehörige Hintergrundinformationen zwecks Bereitstellung eines einheitlichen Ansatzes.

6.6 Fahrsicherheit in Bogenkreuzungen für Fahrzeuge mit kleinen Rädern

Diese Norm legt keinerlei Anforderungen für die Beurteilung des Fahrzeugverhaltens in Bogenkreuzungen fest. Sollte es eine nationale Anforderung bezüglich der Beurteilung des Fahrzeugverhaltens für Fahrzeuge mit kleinen Rädern in Bogenkreuzungen geben, enthält der informative Anhang E eine Methodik und zugehörige Hintergrundinformationen zwecks Bereitstellung eines einheitlichen Ansatzes.

7 Zweiter Schritt – Beurteilung des dynamischen Fahrverhaltens

7.1 Allgemeines

Alle neuen oder modifizierten Fahrzeuge müssen im Hinblick auf ihre dynamischen Eigenschaften geprüft werden, um die Fahrsicherheit, die Fahrwegbeanspruchung und das Schwingungsverhalten des Fahrzeugs zu ermitteln. Für die Erstzulassung eines Fahrzeugtyps oder für die Erweiterung einer Zulassung kann eine Beurteilung erfolgen. Sie beruht auf der Evaluierung des Fahrverhaltens bei der Fahrt in ausgewählten Auswerteabschnitten (Bögen verschiedener Radien und gerade Gleise) unter festgelegten Beurteilungsbedingungen. Anschließend wird eine statistische Analyse der Beurteilungsgrößen durchgeführt, deren Ergebnisse mit den Grenzwerten verglichen werden. Wenn die in diesem Abschnitt beschriebenen Bedingungen erfüllt sind, stellt dies die Grundlage für die Zulassung eines Fahrzeugtyps oder einer kompletten Fahrzeugflotte für deren Lebensdauer dar.

A1 Im Allgemeinen muss die Erstbeurteilung des dynamischen Fahrverhaltens eines Fahrzeugtyps anhand von Streckenfahrversuchen durchgeführt werden. **A1** In diesem Abschnitt werden die Durchführungsbestimmungen für diesen Prozess dargestellt. Unter bestimmten Umständen können die Prüfungen durch Simulationen (siehe informativen Anhang T) oder andere Maßnahmen ergänzt werden, wenn z. B. die Kombination der angestrebten Prüfbedingungen während der Prüfung nicht erreicht werden kann.

Die Erweiterung einer Zulassung ist möglich für Fahrzeuge, die auf derselben grundlegenden Konstruktion basieren oder die bereits ihre Zulassung erhalten haben und anschließend einer technischen Änderung unterzogen wurden. In diesem Fall ist die Beurteilung entweder durch einen eingeschränkten Streckenfahrversuch, die Simulation eines Streckenfahrversuchs oder eine Kombination aus beidem durchzuführen. Das für den eingeschränkten Streckenfahrversuch (einschließlich einer Befreiung von den Versuchen) anzuwendende Verfahren (Versuchsumfang und Messverfahren) ist im informativen Anhang U festgelegt. Die mögliche Anwendung der Simulation wird im informativen Anhang T beschrieben.

Bei Triebzügen können die Einzelfahrzeuge unterschiedliche Parameter (z. B. Kräfte, Steifigkeiten) aufweisen. In diesem Fall dürfen ausgewählte Fahrzeuge als Referenzfahrzeuge verwendet werden. Alle anderen Fahrzeuge werden als Fahrzeuge mit Zulassungserweiterung aufgrund einer Änderung der Fahrzeugparameter behandelt. Damit bestimmen die nach U.3.2 zulässigen Unterschiede der Fahrzeugparameter den Mess- und Versuchsumfang.

Güterwagen, die mit einem eingeführten oder standardisierten Fahrwerk nach EN 16235 ausgerüstet sind, sind bei Einhaltung der Anforderungen nach EN 16235 von den Anforderungen dieses Abschnitts 7 (Streckenfahrversuche) befreit.

Bei der Planung von Streckenfahrversuchen müssen die zulässige Geschwindigkeit V_{adm} und der zulässige Überhöhungsfehlbetrag I_{adm} für das Fahrzeug festgelegt werden. Die gewählten Werte sind maßgebend für die zukünftige Verwendung des Fahrzeugs.

Wie im informativen Anhang H dargestellt, kann es notwendig sein, ein Fahrzeug für mehr als eine Kombination von V_{adm} und I_{adm} zu prüfen.

Zur Vereinfachung sollten die im informativen Anhang H angegebenen standardisierten Werte für I_{adm} für die Zulassung verwendet werden.

ANMERKUNG 1 Die Verwendung von Werten, die den größtmöglichen Grenzwerten nach EN 13803-1 entsprechen oder darüber liegen, führt zu den geringsten Einschränkungen bei einem künftigen Einsatz. Bei nationalem Einsatz können andere betriebliche Parameter eine bessere Wahl sein. In vielen europäischen Ländern existieren für den Einsatz der Fahrzeuge im Regelfahrplan bestimmte Mindestanforderungen (siehe informativen Anhang H).

Es ist nicht notwendig, im Rahmen der Zulassung zwischen zulässigen Überhöhungsfehlbeträgen zu unterscheiden, die sich um nicht mehr als 2 % unterscheiden. Dieser Unterschied ergibt sich z. B. aus der Ungenauigkeit bei der Umrechnung vom Überhöhungsfehlbetrag in die unausgeglichene Querbeschleunigung mit $g = 10 \text{ m/s}^2$ anstatt $g = 9,806 \text{ m/s}^2$.

Im Falle einer Deaktivierung eines Neigetechnik-Systems muss der Überhöhungsfehlbetrag reduziert werden, z. B. auf die maximal zulässigen Werte für konventionelle Fahrzeuge. Infolgedessen muss das Fahrzeug auch unter diesen betrieblichen Bedingungen geprüft werden.

ANMERKUNG 2 Es ist bekannt, dass Lokomotiven oder Triebköpfe existieren, die mit Überhöhungsfehlbeträgen betrieben werden, die größer sind, als die für konventionelle Züge ohne Neigetechnik-System (z. B. SJ-X2000).

ANMERKUNG 3 Gründe zur Eingrenzung der Betriebsbedingungen können sich aus einschränkenden Eigenschaften der Fahrzeugkonstruktion oder aus einer eingeschränkten Verfügbarkeit geeigneter Versuchsstrecken ergeben.

Da die angestrebten Prüfbedingungen für die Stabilitätsprüfung hinsichtlich der äquivalenten Konizitäten von der Geschwindigkeit abhängen, kann es außerdem erforderlich sein, Fahrzeuge mit hoher zulässiger Geschwindigkeit für mehr als eine Kombination aus Geschwindigkeit und äquivalenter Konizität zu prüfen.

Die Versuchsverfahren basieren auf der Klassifizierung des Versuchsfahrzeugs nach:

- Lokomotiven, Triebwagen/Triebzüge (ET, VT) und Reisezugwagen;
- Güterwagen;
- Sonderfahrzeuge.

In 3.15 sind Sonderfahrzeuge entsprechend ihrer Verwendung definiert. Trotzdem beruhen die sie betreffenden Prüfanforderungen auf ihren konstruktiven Merkmalen. Der informative Anhang S beschreibt grundlegende Prinzipien, die auf Sonderfahrzeuge anzuwenden sind, bevor die allgemeinen Prüfanforderungen in diesem Abschnitt 7 zu berücksichtigen sind.

Fahrzeuge mit einer maximal zulässigen Geschwindigkeit $V_{\text{adm}} \leq 60 \text{ km/h}$ sind von der Beurteilung des dynamischen Fahrverhaltens befreit.

7.2 Auswahl des Messverfahrens

7.2.1 Allgemeines

Bei Streckenfahrversuchen können zwei verschiedene Messverfahren angewendet werden:

- normales Messverfahren;
- vereinfachtes Messverfahren.

Bild 8 gibt eine Übersicht zu den in den beiden Messverfahren verwendeten Beurteilungsgrößen.

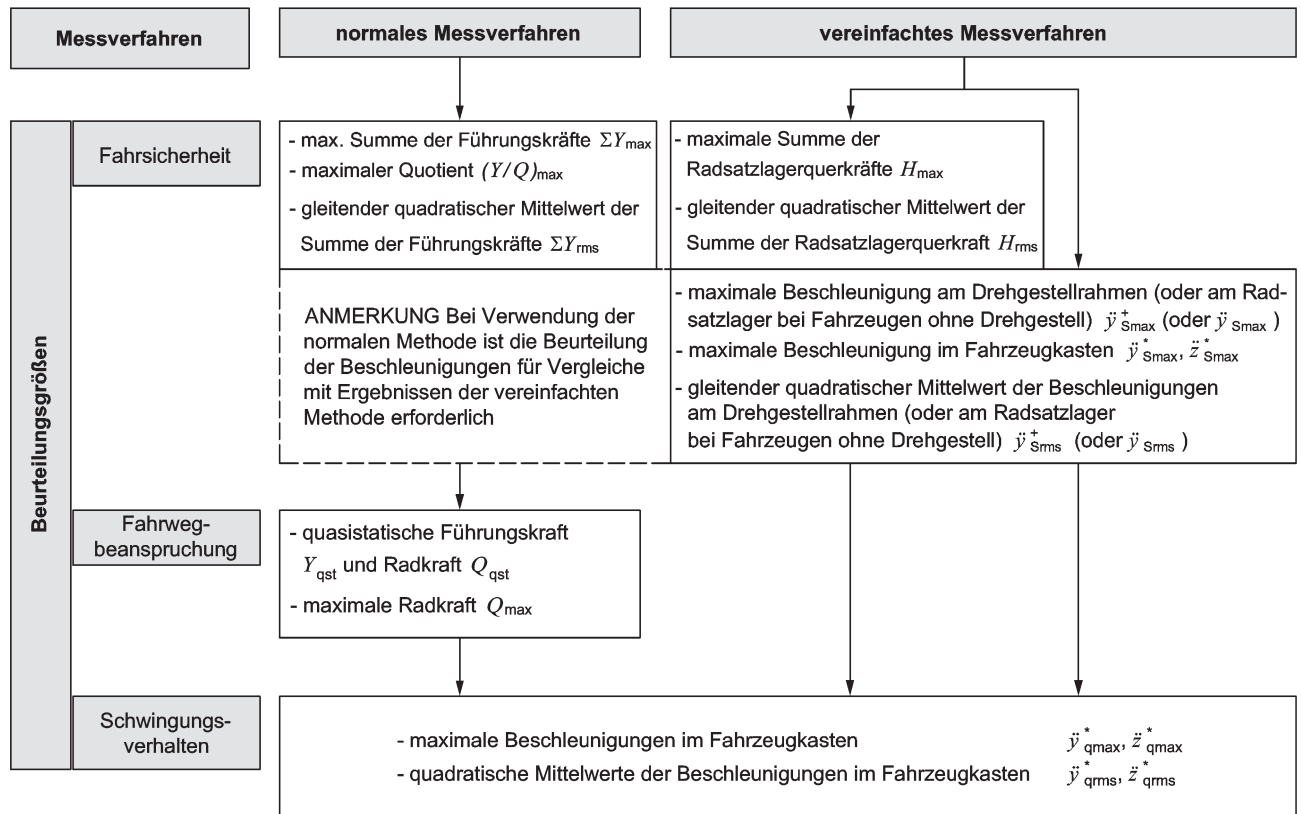


Bild 8 — Messverfahren und Beurteilungsgrößen

Ein Streckenfahrversuch nach dem normalen Messverfahren beinhaltet die Beurteilung von:

- Fahrsicherheit;
- Fahrwegbeanspruchung;
- Schwingungsverhalten des Fahrzeugs;

mit direkt gemessenen Kräften zwischen Rad und Schiene, sowie Beschleunigungen am Fahrwerk und im Fahrzeugkasten.

Ein Streckenfahrversuch nach dem vereinfachten Messverfahren beinhaltet die Beurteilung von:

- Fahrsicherheit;
- Schwingungsverhalten des Fahrzeugs;

A1 mit gemessenen Beschleunigungen am Fahrwerk und Beschleunigungen im Fahrzeugkasten. **A1** In manchen Fällen werden auch Querkräfte zwischen Radsatz und Radsatzlager gemessen. Wenn das vereinfachte Verfahren anwendbar ist, wird vorausgesetzt, dass das Fahrzeug die Grenzwerte der Fahrwegbeanspruchung einhält, ohne dass eine direkte Beurteilung der damit verbundenen Größen notwendig ist.

Bei einer Erstzulassung ist das vereinfachte Messverfahren nur anwendbar, wenn die grundlegenden Bedingungen nach 7.2.2 erfüllt sind.

Für die Erweiterung einer Zulassung werden zusätzliche Bedingungen zur Anwendung des vereinfachten Messverfahrens im informativen Anhang U angegeben, einschließlich der Indikation einer ggf. notwendigen Messung der Radsatzlagerquerkräfte. Diese Bedingungen hängen sowohl von den Messverfahren bei der Erstzulassung und bei der Zulassung als auch von den Ergebnissen der Erstzulassung und den Änderungen relevanter Parameter ab.

7.2.2 Grundlegende Bedingungen für die Verwendung des vereinfachten Messverfahrens und Messung der Radsatzlagerquerkräfte

Grundsätzlich darf das vereinfachte Messverfahren auf Fahrzeuge mit konventioneller Technologie angewendet werden, wenn sämtliche Bedingungen in Tabelle 1 erfüllt sind:

Tabelle 1 — Grundlegende Bedingungen für die Verwendung eines vereinfachten Messverfahrens

Fahrwerke einer der folgenden Arten:	
— Einzelradsätze; — Drehgestell mit zwei Radsätzen $2a^+ \leq 3,3$ m; — Drehgestell mit drei oder mehr Radsätzen mit einem Abstand zwischen den äußeren Radsätzen von $\leq 4,5$ m bei zusätzlicher Messung der Radsatzlagerquerkräfte H.	
Fahrzeugkonfiguration einer der folgenden Arten:	
Einzelfahrzeuge	
— mit zwei Einzelradsätzen; — mit zwei Drehgestellen.	
Gelenkfahrzeuge, die aus zwei oder mehr Wagenkästen bestehen, mit den folgenden möglichen Anordnungen der Fahrwerke je Fahrzeugkasten:	
— bis zu zwei Einzelradsätze; — bis zu zwei Drehgestelle.	
Nominale statische Radsatzaufstandskraft P_{F0} (für sämtliche Fahrzeuge)	≤ 200 kN ^a
Zulässige Fahrzeughöchstgeschwindigkeit V_{adm}	
Fahrzeuge mit Einzelradsätzen	≤ 100 km/h
Güterwagen mit Drehgestellen	≤ 120 km/h
Andere Fahrzeuge mit einer Drehgestellmasse $m^+ > 10$ t	≤ 120 km/h
Andere Fahrzeuge mit einer Drehgestellmasse $m^+ > 10$ t bei zusätzlicher Messung der Radsatzlagerquerkräfte H	≤ 160 km/h
Andere Fahrzeuge mit einer Drehgestellmasse $m^+ \leq 10$ t und ($P_{F0} \cdot V_{adm}$) $\leq 34\,000$ [kN km/h] ^a	≤ 200 km/h
Zulässiger Überhöhungsfehlbetrag I_{adm}	
Güterwagen	≤ 130 mm
Triebwagen/Triebzüge mit einer nominalen statischen Radsatzaufstandskraft $P_{F0} \leq 170$ kN ^a und $V_{adm} \leq 160$ km/h	≤ 165 mm
Andere Fahrzeuge	≤ 150 mm
^a P_{F0} ist die nominale statische Radsatzaufstandskraft des höchstbelasteten Radsatzes des Fahrzeugs im zu beurteilenden Beladezustand (siehe 5.3.2).	

7.2.3 Vereinfachungen für separate Stabilitätsprüfungen

Wenn die Stabilitätsprüfungen separat durchgeführt werden, ist die Anwendung des vereinfachten Verfahrens ausreichend, da das Verfahren mit dem normalen Messverfahren konsistent ist.

ANMERKUNG Hiermit wird ermöglicht, die Anforderung bezüglich hoher Konizität auch durch Änderung des Radprofils eines Fahrwerks zu erreichen, das nicht mit Messradsätzen ausgerüstet ist und so normale Radprofile bei Messradsätzen zu behalten. Für die Stabilitätsprüfung ist die Instrumentierung des Fahrwerks (oder im Fall eines Fahrzeugs mit Einzelradsatzfahrwerken, die Instrumentierung des Fahrzeugkastens) ausreichend.

Wenn ein Fahrzeug mit einem System zur Instabilitätsüberwachung ausgerüstet ist, das auf etablierten Standards beruht, können die damit gesammelten Ergebnisse zum Nachweis der Laufstabilität genutzt werden.

7.3 Durchführung von Streckenfahrversuchen

7.3.1 Allgemeines

Die Betriebsbedingungen während der Versuche (und auch bei numerischen Simulationen) müssen definierte Kombinationen aus folgenden Parametern beinhalten:

- Geschwindigkeit;
- Überhöhungsfehlbetrag;
- Bogenradius.

Deshalb wird eine Beurteilung in verschiedenen Prüfbereichen vorgenommen. In jedem Prüfbereich unterscheiden sich die Versuchsbedingungen für Fahrweg und Betrieb hinsichtlich des Bereichs der zu untersuchenden Versuchsparameter. Um eine statistische Auswertung der Versuchsergebnisse zu ermöglichen, werden die Versuchsstrecken in Auswerteabschnitte unterteilt. Die gemessenen Ergebnisse der Auswerteabschnitte, in denen die geforderten Versuchsparameter eingehalten wurden, werden den entsprechenden Prüfbereichen zugewiesen. Wenn eine multiple Regression verwendet wird (siehe normativen Anhang R), bilden sämtliche Auswerteabschnitte in Bögen die gemeinsame Grundlage für die statistische Auswertung. Diese wird mit den für die verschiedenen Prüfbereiche spezifizierten Zielwerten durchgeführt.

Tabelle 2 definiert die Prüfbereiche und die zugehörigen Bereiche der Trassierungsdaten. Im ersten Teil wird das Versuchsziel mit dem angenommenen dynamischen Verhalten des Fahrzeugs beschrieben. Im zweiten Abschnitt sind die angestrebten Prüfbedingungen für Trassierung, Gleislagequalität, Rad/Schiene-Kontakt und Betrieb (Geschwindigkeit und Überhöhungsfehlbetrag) festgelegt. Diese angestrebten Prüfbedingungen müssen bei den Streckenfahrversuchen zum Fahrverhalten soweit wie möglich eingehalten werden. In einem dritten Abschnitt werden die Anforderungen an die Auswerteabschnitte spezifiziert.

ANMERKUNG Da im Projekt DYNOTRAIN festgestellt wurde, dass die nominale Schieneneinbauneigung keinen Einfluss auf die Versuchsergebnisse hat, ist das Prüfen in zwei Netzen nicht länger notwendig, wenn während der Versuche zum Betrieb der Fahrzeuge repräsentative Radprofile verwendet werden. In diesem Fall variiert der Bereich der berührgeometrischen Bedingungen für die statistische Auswertung aufgrund von Variationen der Spurweite und der Schienenkopfformen auf den Versuchsstrecken in ausreichendem Maße.

Da die Auswirkungen aerodynamischer Kräfte nicht im Anwendungsbereich dieses Dokuments liegen, dürfen diese Kräfte keinen signifikanten Einfluss auf die Versuche haben. Davon sollte ausgegangen werden, solange keine berechtigten Zweifel auftreten.

Tabelle 2 — Angestrebte Bedingungen für Prüfbereiche und Auswerteabschnitte

			Prüfbereich			
		Stabilität	1	2	3	4
	Beschreibung	Gerades Gleis und sehr große Bogenradien ^a		Große Bogenradien	Kleine Bogenradien	Sehr kleine Bogenradien
Ziele der Prüfung	Zweck	Prüfung der Fahrstabilität des Fahrzeugs	Prüfung im Bereich der zulässigen Geschwindigkeit des Fahrzeugs	Prüfung der Kombinationen von zulässigen Geschwindigkeiten und Überhöhungsfehlbeträgen des Fahrzeugs	Prüfung im Bereich des für das Fahrzeug zulässigen Überhöhungsfehlbetrags einschließlich von Auswerteabschnitten, die eine Berührgeometrie aufweisen, die zu ungünstigen Selbststeuerungsbedingungen für einen Radsatz im Prüfbereich 4 führen	
	Erwartetes dynamisches Fahrzeugverhalten	Höchste Wahrscheinlichkeit für instabiles Fahrverhalten	Es gibt keine oder nur niedrige quasistatische Führungskräfte oder Beschleunigungen, aber größere dynamische Anteile bei allen Beurteilungsgrößen	Überlagerung quasistatischer und dynamischer Anteile aller Beurteilungsgrößen	Größere quasistatische Führungskräfte, Radaufstandskräfte und Beschleunigungen, dynamische Anteile verringern sich allgemein	
Angestrebte Versuchsbedingungen	Bogenradius	—			400 m ≤ R ≤ 600 m ^f	250 m ≤ R < 400 m ^f
	Mittelwert der Bogenradien aller Auswerteabschnitte R _m	—			500 m (± 50 m) ^{b, c, f}	300 m $\overline{A_1}$ (+50 m, −20 m) $\overline{A_1}$ ^{b, c, f}
	Versuchsgeschwindigkeit V ^d	V _{adm} ≤ 100 km/h: V = V _{adm} + 10 km/h 100 km/h < V _{adm} ≤ 300 km/h: V = 1,1 · V _{adm} ^{g, f} V _{adm} > 300 km/h: V = V _{adm} + 30 km/h		V _{adm} ≤ V ≤ 1,1 · V _{adm} ^{g, f}	V ≤ 1,1 · V _{adm}	
	Toleranz des Beurteilungsbereichs ^{d, e}	±5 km/h		±5 km/h	+5 km/h	
	Überhöhungsfehlbetrag im Versuch I (Beurteilungsbereich) ^d	I ≤ 40 mm ^f		0,70 ^h · I _{adm} ≤ I ≤ 1,15 · I _{adm} ^f		